

1-1-2001

Evaluación y determinación de parámetros de calidad y control del agua residual industrial, de las plantas de bombeo y almacenamiento de crudos y refinados de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol

Angela María Correa Quintana
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Correa Quintana, A. M. (2001). Evaluación y determinación de parámetros de calidad y control del agua residual industrial, de las plantas de bombeo y almacenamiento de crudos y refinados de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1397

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTROL DEL
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL, DE LAS PLANTAS DE BOMBEO Y
ALMACENAMIENTO DE CRUDOS Y REFINADOS DE LA VICEPRESIDENCIA DE
TRANSPORTE DE ECOPETROL

ANGELA MARIA CORREA QUINTANA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
AREA AMBIENTAL
BOGOTA D.C.

2001

EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTROL DEL
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL, DE LAS PLANTAS DE BOMBEO Y
ALMACENAMIENTO DE CRUDOS Y REFINADOS DE LA VICEPRESIDENCIA DE
TRANSPORTE DE ECOPETROL

ANGELA MARÍA CORREA QUINTANA

Monografía para optar al título de Ingeniera Ambiental y Sanitaria

Director

HUMBERTO DÍAZ

Ingeniero Ambiental y Sanitario

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

AREA AMBIENTAL

BOGOTA D.C.

2001

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

BOGOTA D.C. _____

A mi padre por ser el hombre que
mas he admirado, a mi madre y
hermanos con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

CLAUDIA GONZALEZ, Bióloga, Directora y asesora de la investigación, por su apoyo incondicional y valiosas orientaciones que contribuyeron al enfoque y terminación del estudio.

HUMBERTO DIAZ, Ingeniero Ambiental y Sanitario y Director del estudio, por su orientación y apoyo para la realización del estudio.

JUAN FERNANDO GARZON, Ingeniero Civil y coordinador de proyectos de ECOPETROL, por su constante motivación y orientación.

CESAR ALDANA, Ingeniero Electrónico y profesional del Area de Responsabilidad Integral de ECOPETROL, por el seguimiento y apoyo de este estudio.

ORLANDO LAMO, Administrador de Empresas y Jefe del Area de Responsabilidad Integral, por su apoyo y confianza.

A todos los ingenieros, personas y amigos de la Vicepresidencia de Transporte de EOPETROL que me apoyaron durante el tiempo que estuve realizando el estudio.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
2. GENERALIDADES	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 LOCALIZACIÓN	5
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PLANTAS DE BOMBEO Y ALMACENAMIENTO DE CRUDOS Y REFINADOS	7
3.1 DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA	7
3.2 ACTIVIDADES OPERACIONALES BÁSICAS QUE SE LLEVAN A CABO EN UNA PLANTA	8
3.2.1 Recibo	8
3.2.2 Control de flujo, prelimpieza y limpieza	8
3.2.3 Medición	9
3.2.4 Almacenamiento (si se realiza)	9
3.2.5 Almacenamiento principal	9
3.2.6 Almacenamiento secundario	10
3.2.7 Bombeo de refuerzo	10
3.2.8 Limpieza final y medida de despacho	11

3.2.9 Bombeo principal	11
3.3 PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS PLANTAS DE REFINADOS (MANIZALES, MANSILLA Y PUERTO SALGAR)	12
3.3.1 Propiedades fisicoquímicas de los productos refinados	13
3.4 PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS PLANTAS DE CRUDOS (ARAGUANAY, PORVENIR Y MIRAFLORES)	18
4. NORMATIVIDAD APLICABLE SOBRE CALIDAD DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES POR PLANTA	19
4.1 PLANTAS ARAGUANAY Y PORVENIR	19
4.2 PLANTA MIRAFLORES	19
4.3 PLANTAS MANSILLA Y PUERTO SALGAR	20
4.4 PLANTA MANIZALES	21
5. MANEJO DE AGUAS DE LAS PLANTAS OPERATIVAS	24
5.1 SUMINISTRO DE AGUA PARA LA PLANTA OPERATIVA	25
5.2 REDES DE AGUAS LLUVIAS	25
5.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (ACEITOSAS)	25
5.3.1 Separador API	26
5.3.2 Separador CPI	27
6. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS INDUSTRIALES PROPUESTOS POR EL ICP (INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO)	29
7. METODOLOGÍA	32
7.1 PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO	32
7.2 RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	32
7.3 MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS DATOS (PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS)	33
7.3.1 Análisis de Varianza (ANOVA)	34
7.3.2 Análisis de correlación entre variables fisicoquímicas	35

7.3.3	Análisis de componentes Principales (ACP)	35
7.3.4	Análisis y cuadros de Pareto para Grasas y Aceites, DQO e hidrocarburos totales	36
7.3.5	Análisis de Intervalos de confianza	36
7.4	CÁLCULO DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS INDUSTRIALES, PROPUESTOS POR EL ICP Y MINAMBIENTE	37
7.4.1	Índices de Contaminación por mineralización (ICOMI)	38
7.4.2	Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)	39
7.4.3	Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)	40
7.4.4.	Índice de contaminación por el pH (ICOpH)	40
7.4.5	Índice de contaminación por temperatura (ICOTEM)	41
7.4.6	Condición de aceptación del Vertimiento (CA.)	42
8.	RESULTADOS	43
8.1	ABREVIATURAS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	43
8.2	SELECCIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	44
8.3	ANÁLISIS DE VARIANZA	49
8.3.1	Plantas que manejan crudos	49
8.3.2	Plantas que manejan refinados	56
8.3.3	Análisis conjunto de varianzas para plantas de crudos y refinados	63
8.4	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	69
8.4.1	Plantas que manejan crudos	69
8.4.2	Plantas que manejan Refinados	73
8.5	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES SALIDAS DE LOS SEPARADORES API)	75
8.5.1	Plantas que manejan crudos	75
8.5.2	Plantas que manejan refinados	80
8.7	CUADROS DE PARETO	84

8.8 INTERVALOS DE CONFIANZA	87
8.8.1 Cuadros de Intervalos de confianza de las salidas de los separadores API (Plantas que manejan crudos)	87
8.8.2 Intervalos de confianza de los cuerpos receptores (Plantas que manejan crudos)	91
8.8.3 Intervalos de confianza de las salidas de los separadores API (Plantas que manejan refinados)	95
8.8.4 Intervalos de confianza de los cuerpos receptores (Plantas que manejan refinados)	99
8.9 CUADROS Y FIGURAS DE LOS INDICES DE CONTAMINACIÓN PROPUESTOS POR EL ICP Y MINAMBIENTE PARA CUERPOS RECEPTORES (PLANTAS DE CRUDOS)	105
8.9.1 Cuadros y figuras de los resultados (Condición de Aceptación del vertimiento (C.A) a la salida de los separadores API (Plantas de Crudos)	111
8.10 CUADROS Y FIGURAS DE INDICES DE CONTAMINACIÓN PROPUESTOS POR EL ICP Y MINAMBIENTE PARA CUERPOS RECEPTORES (PLANTAS DE REFINADOS)	115
8.10.1 Cuadros y figuras de los resultados (Condición de Aceptación del vertimiento C.A) a la salida de los separadores API (Plantas de Refinados)	122
9 ANALISIS DE RESULTADOS	126
9.1 PARAMETROS A MONITOREAR PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CUERPOS RECEPTORES DE LAS PLANTAS DE CRUDOS Y REFINADOS	126
9.1.1 En el sistema de tratamiento	126
9.1.2 En los cuerpos de agua receptores (quebradas; ríos; lagos)	127
9.2 ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS SALIDAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS PLANTAS DE CRUDOS Y REFINADOS	128
9.2.1 Análisis de varianza (Plantas de Crudos)	128
9.2.2 Análisis de varianza (Plantas de Refinados)	130
9.2.3 Análisis conjunto de varianzas de crudos y refinados	131
9.3 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LAS SALIDAS DE LOS SEPADORES API	132

9.3.1 Correlación de las uniones de las salidas de los separadores API (Plantas de Refinados)	134
9.3.2 Correlación de las uniones de las salidas de los separadores API (Plantas de Crudos)	136
9.4 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	136
9.4.1 Unión de las salidas de los separadores API (Plantas de crudos)	136
9.4.2 Unión de las salidas de los separadores API (Plantas de refinados)	137
9.5 ANALISIS DE LOS CUADROS DE LOS INDICES DE CONTAMINACIÓN (ICO) DE LOS CUERPOS RECEPTORES Y DE LOS VERTIMIEMTOS DE LAS PLANTAS	138
9.5.1 Cuerpos receptores de las plantas de crudos	140
9.5.2 Cuerpos receptores de las plantas de refinados	143
9.6 ANALISIS DE LAS FIGURAS DE INDICES DE CONTAMINACIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES Y VERTIMIEMTOS DE LAS PLANTAS	146
9.6.1 Análisis de los vertimientos y cuerpos receptores de las plantas de crudos	146
9.6.2 Análisis de los vertimientos y cuerpos receptores de las plantas de Refinados	149
9.7 ANALISIS DE LAS FIGURAS DE CONDICION DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO (C.A) DE LAS PLANTAS DE CRUDOS Y REFINADOS	151
9.7.1 Condición de aceptación del vertimiento de las plantas de crudos	152
9.7.2 Condición de aceptación del vertimiento de las plantas de refinados	152
9.8 SELECCIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES	153
9.9 ANALISIS BENEFICIO COSTO DEL ESTUDIO	156
10 CONCLUSIONES	166
11 RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	172
ANEXOS	177

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características y usos de ACPM	13
Cuadro 2. Principales componentes del ACPM	13
Cuadro 3. Características y usos del turbocombustible	14
Cuadro 4. Principales componentes del turbocombustible	14
Cuadro 5. Características y usos del Queroseno	15
Cuadro 6. Principales componentes del Queroseno	15
Cuadro 7. Características y usos de la Gasolina Motor	16
Cuadro 8. Principales componentes de la Gasolina Motor	16
Cuadro 9. Características y usos de la Gasolina Extra	17
Cuadro 10. Principales componentes de la Gasolina Extra	17
Cuadro 11. Características y usos del Crudo Cusiana	18
Cuadro 12. Principales componentes del Crudo Cusiana	18
Cuadro 13. Norma de Vertimiento para la planta Mansilla	20
Cuadro 14. Norma de Vertimiento para la planta Puerto Salgar	21
Cuadro 15. Normas sobre Vertimientos	23
Cuadro 16. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales	31
Cuadro 17. Plantas y cuerpos receptores	37
Cuadro 18. Parámetros eliminados de las plantas que manejan crudos	45
Cuadro 19. Parámetros eliminados de las plantas que manejan refinados	46
Cuadro 20. Parámetros eliminados de los cuerpos receptores de las plantas de crudos	47
Cuadro 21. Parámetros eliminados de los cuerpos receptores de las plantas de refinados	49

Cuadro 22. Análisis de varianza para In de grasas y aceites	50
Cuadro 23. Evaluación de rango múltiple para In de grasas y aceites por planta	52
Cuadro 24. Análisis de varianza para In de DQO	53
Cuadro 25. Evaluación de rango múltiple para In de DQO por planta	54
Cuadro 26. Análisis de varianza para In de hidrocarburos totales	55
Cuadro 27. Evaluación de rango múltiple para In de hidrocarburos totales	56
Cuadro 28. Análisis de varianza para grasas y aceites	57
Cuadro 29. Evaluación de rango múltiple para grasas y aceites por planta	58
Cuadro 30. Análisis de varianza para DQO plantas de refinados	59
Cuadro 31. Evaluación de rango múltiple para DQO por planta. Plantas de refinados	60
Cuadro 32. Análisis de varianza para hidrocarburos totales plantas de refinados	61
Cuadro 33. Evaluación de rango múltiple para hidrocarburos totales por planta	62
Cuadro 34. Análisis de varianza para grasas y aceites	63
Cuadro 35. Evaluación de rango múltiple para grasas y aceites por planta	64
Cuadro 36. Análisis de varianza para DQO	65
Cuadro 37. Evaluación de rango múltiple para DQO por planta	66
Cuadro 38. Análisis de varianza para hidrocarburos totales	67
Cuadro 39. Evaluación de rango múltiple para hidrocarburos totales por planta	68
Cuadro 40. Correlaciones salida API (planta Miraflores)	70
Cuadro 41. Correlaciones salida API (planta Araguaney)	71
Cuadro 42. Correlaciones a la salida del API (planta el Porvenir)	72
Cuadro 43. Correlaciones salida de los separadores API (plantas crudos)	72
Cuadro 44. Correlaciones salida API (planta Mansilla)	73

Cuadro 45. Correlaciones salida del CPI (planta Manizales)	74
Cuadro 46. Correlaciones de la salida piscina planta Puerto Salgar	75
Cuadro 47. Análisis de componentes principales (plantas de crudos)	77
Cuadro 48. Componentes principales (plantas de crudos)	78
Cuadro 49. Análisis de componentes principales (plantas de refinados)	81
Cuadro 50. Componentes principales (plantas de refinados)	82
Cuadro 51. Pareto con frecuencias acumulativas por rango de DQO	84
Cuadro 52. Pareto con frecuencias acumulativas por rango de hidrocarburos totales	85
Cuadro 53. Pareto con frecuencias acumulativas por rango de grasas y aceites	86
Cuadro 54. Intervalos de confianza salida API planta Miraflores	88
Cuadro 55. Intervalos de confianza salida API planta Araguaney	89
Cuadro 56. Intervalos de confianza salida API planta El Porvenir	90
Cuadro 57. Intervalos de confianza Q. La Guamalera aguas arriba planta Miraflores	91
Cuadro 58. Intervalos de confianza Q. La Guamalera aguas abajo planta Miraflores	92
Cuadro 59. Intervalos de confianza Q. Pedregosa aguas arriba planta El Porvenir	93
Cuadro 60. Intervalos de confianza Q. Pedregosas aguas abajo planta El Porvenir	94
Cuadro 61. Intervalos de confianza de la salida de la piscina de oxidación planta Puerto Salgar	96
Cuadro 62. Intervalos de confianza de la salida del separador API planta Mansilla	97
Cuadro 63. Intervalos de confianza de la salida del separador CPI planta Manizales	98
Cuadro 64. Intervalos de confianza Q. Mansillita aguas arriba planta Mansilla	99
Cuadro 65. Intervalos de confianza Q. Mansillita aguas abajo planta Mansilla	100

Cuadro 66. Intervalos de confianza Q. Manizales aguas arriba planta Manizales	101
Cuadro 67. Intervalos de confianza Q. Manizales aguas abajo planta Manizales	102
Cuadro 68. Intervalos de confianza Q. El Guanábano aguas arriba planta Puerto Salgar	103
Cuadro 69. Intervalos de confianza Q. El Guanábano aguas abajo planta Puerto Salgar	104
Cuadro 70. Índices de Contaminación ICO Planta Araguaney	105
Cuadro 71. Índices de Contaminación ICO Planta Miraflores	107
Cuadro 72. Índices de Contaminación ICO Planta Porvenir	109
Cuadro 73. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Araguaney	111
Cuadro 74. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Araguaney	111
Cuadro 75. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Miraflores	112
Cuadro 76. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Miraflores	112
Cuadro 77. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Porvenir	113
Cuadro 78. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Porvenir	113
Cuadro 79. Índices de Contaminación (ICO) Planta Puerto Salgar	115
Cuadro 80. Índices de Contaminación (ICO) Planta Manizales	118
Cuadro 81. Índices de Contaminación (ICO) Planta Mansilla	120
Cuadro 82. Índices de Contaminación Vertimiento de la Planta Puerto Salgar	122
Cuadro 83. Condición de aceptación del Vertimiento Planta Puerto Salgar	122
Cuadro 84. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Manizales	123
Cuadro 85. Condición de aceptación del Vertimiento Planta Manizales	123
Cuadro 86. Variables correlacionadas en más del 70% de las oportunidades	135
Cuadro 87. Indicadores de desempeño para los sistemas de tratamiento de aguas industriales	156
Cuadro 88. Beneficio - costo, para el sistema de tratamiento	160

Cuadro 89. Beneficio - costo, para el cuerpo receptor, ríos, lagos	161
Cuadro 90. Costos para los sistemas de tratamiento	163
Cuadro 91. Costos para cuerpos receptores	164

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Red Nacional de Transporte de hidrocarburos	6
Figura 2. Distribución de las variables fisicoquímicas en los componentes principales (plantas de crudos)	79
Figura 3. Distribución de las variables fisicoquímicas en los componentes principales (plantas de refinados)	83
Figura 4. Planta Araguañey ICOMI	105
Figura 5. Planta Araguañey ICOMO	106
Figura 6. Planta Araguañey ICOSUS	106
Figura 7. Planta Miraflores ICOMI	107
Figura 8. Planta Miraflores ICOMO	108
Figura 9. Planta Miraflores ICOSUS	108
Figura 10. Planta Porvenir ICOMI	109
Figura 11. Planta Porvenir ICOMO	110
Figura 12. Planta Porvenir ICOSUS	110
Figura 13. Crudos – Condición de Aceptación del vertimiento (C.A ICOMI)	114
Figura 14. Crudos – Condición de Aceptación del vertimiento (C.A ICOMO)	114
Figura 15. Crudos – Condición de Aceptación del vertimiento (C.A ICOSUS)	115
Figura 16. Planta Puerto Salgar ICOMI	116
Figura 17. Planta Puerto Salgar ICOMO	117
Figura 18. Planta Puerto Salgar ICOSUS	117
Figura 19. Planta Manizales ICOMI	118

Figura 20. Planta Manizales ICOMO	119
Figura 21. Planta Manizales ICOSUS	119
Figura 22. Planta Mansilla ICOMI	120
Figura 23. Planta Mansilla ICOMO	121
Figura 24. Planta Mansilla ICOSUS	121
Figura 25. Refinados condición de aceptación del vertimiento (.C.A ICOMI)	124
Figura 26. Refinados condición de aceptación del vertimiento (.C.A ICOMO)	125
Figura 27. Refinados condición de aceptación del vertimiento (.C.A ICOSUS)	125

LISTA DE ANEXOS

A1. Diagrama de flujo del proceso de una Planta típica de manejo de hidrocarburos.

A2. Plano de distribución espacial de las áreas que conforman una Planta típica de manejo de hidrocarburos.

B. Cálculos de los índices de contaminación (ICO), propuestos por el ICP

C. Caracterizaciones de las aguas industriales de los años 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000 de las seis plantas.

D. Metodología para la evaluación de la calidad de los efluentes líquidos y cuerpos de agua receptores.

GLOSARIO

1. **AGUAS ACEITOSAS:** Son aguas residuales saturadas o emulsionadas con hidrocarburo, las cuales son enviadas y tratadas en el equipo necesario para recuperar el hidrocarburo.
2. **AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES:** Son las aguas segregadas en los procesos que normalmente se desarrollan en las instalaciones industriales, y también aguas de lavado de crudo de las plantas de deshidratación y desalación de las refinerías.
3. **BARRIL:** Unidad de medida en volumen, equivalente a 42 galones.
4. **CALIDAD DEL AGUA:** Características químicas, físicas y biológicas, relacionadas con el uso asignado del recurso (consumo doméstico, recreación, protección de fauna y flora). El agua puede ser de buena calidad para cierto propósito y de mala calidad para otro, dependiendo de sus características y de las exigencias requeridas para un uso específico.
5. **CAMPO:** Área donde hay varios pozos petroleros.
6. **CARGA:** Denomínase carga al producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg./d), (Decreto No. 1594/84).
7. **CAUDAL:** Volumen de fluido que pasa a través de una superficie en una unidad de tiempo (Ej.: La sección transversal de un cuerpo de agua).
8. **CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN (C.A):** Se calcula para determinar la capacidad que tiene un cuerpo receptor para recibir un vertimiento que posea ciertas condiciones ambientales (contaminación, no contaminación).
9. **CONTAMINACION:** i) Se entiende por contaminación la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente, o de los recursos de la nación o de los particulares. (Decreto No. 2811/74).

10. CONTAMINACION: Degradación de la calidad de las aguas naturales, el aire o el suelo como resultado de la actividad humana, en un grado tal que se menoscaba su utilidad. (IU International, sf).
11. CONTAMINACION: Alteración de la pureza o calidad del aire, agua, suelo o productos, por efecto de adición o contacto accidental o intencional de plaguicidas. (Decreto No. 775/90).
12. CONTAMINACION: Cualquier sustancia o forma de energía (calor, luz,...) que altera el ambiente respecto a aquello que sucede naturalmente. (MOPT, 1991).
13. CONTAMINACION: La descarga de residuos o materiales ofensivos que contaminan el agua, el suelo o la atmósfera. (Texaco Inc, 1978).
14. CRUDO: Petróleo sin refinar o petróleo en su estado natural.
15. DESEMPEÑO AMBIENTAL: Resultados medibles del sistema de administración ambiental, relativo al control de la organización de sus aspectos ambientales, basados en la política, los objetivos y las metas ambientales.
16. ESTUDIOS DE LINEA BASE: Son aquellos en los cuales se evalúan los ecosistemas con el propósito de verificar las características más relevantes de su estructura y funcionamiento.
17. ECOPETROL: Empresa estatal de petróleo Colombiano.
18. IMPACTO AMBIENTAL: Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, total o parcial, resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.
19. HIDROCARBURO: El petróleo y el gas natural, por tener compuestos de hidrogeno y carbono.
20. ICP: Instituto Colombiano del Petróleo, centro de investigación y desarrollo tecnológico de ECOPETROL.
21. ISO 14001: Es un grupo de normas estándar de la ISO que proporcionan a las empresas, unas estructuras para manejar los impactos ambientales. Incluye el sistema de administración ambiental, auditoria de desempeño ambiental, ciclo de vida y metodología para la evaluación de los impactos ambientales.
22. MONITOREO: Recolección, con un propósito determinado, de mediciones u observaciones sistemáticas y comparables, en una serie espacio – temporal, de cualquier variable o atributo ambiental que proporcione una sinóptica o una muestra representativa del medio ambiente. (PADC, 1981).

23. LIVIANO: Derivado del petróleo (producto refinado).
24. PETROLEO: Aceite de roca.
25. POZO: Hueco profundo que se perfora para buscar y producir petróleo.
26. PLANTA OPERACIONAL: Instalación donde se bombea y/o almacenan crudos o refinados.
27. REFINERIA: Complejo donde se procesa el petróleo.
28. SEPARADORES API: Son equipos separadores de agua - aceite, son diseñados para remover únicamente hidrocarburos o aceite libre. Si este se encuentra emulsificado o disuelto no se puede esperar que haya una efectiva remoción entre el agua y el aceite y generalmente involucra tratamientos adicionales aguas abajo del sistema. El funcionamiento es altamente dependiente de la diferencia entre la gravedad específica del agua y del aceite.
29. SEPARADORES CPI: Cumplen la misma función de un separador API; el flujo en un separador gravitacional de placas paralelas es de tipo descendente para la mezcla agua - producto, y ascendente para partículas de producto separadas por gravedad.
30. TERMINAL: Es una planta para manejo de hidrocarburos cuya función principal es recibir, almacenar y entregar a distribuidores mayoristas, a buques para exportación ó directamente a carrotanques, los productos refinados para distribución a los sitios de consumo. Normalmente están ubicados cerca de los grandes centros de consumo ó los puertos de exportación.
31. TRAMPA: Sitio donde está atrapado el petróleo.
32. TRAMPA DE RASPADORES: Elemento fabricado de tubería que se localiza en el inicio ó final de líneas de transporte de hidrocarburos para el lanzamiento y recibo de elementos de limpieza interna de las tuberías.
33. TRATAMIENTO DE AGUA: Es el conjunto de acciones encaminadas a alterar las características físicas y/o químicas y/o biológicas del agua; con el fin de cumplir los estándares para el agua potable. (ACIES, 1980). Es el conjunto de operaciones y procesos unitarios que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas o bacteriológicas para obtener agua potable que cumpla las normas y criterios de calidad establecidos, DECRETO 2105/83. El tratamiento de agua se realiza para vertimientos industriales, con el fin de cumplir con las normas de vertimientos establecidas por la autoridad ambiental competente y no superar la capacidad de asimilación del sistema.

TRATAMIENTO PRIMARIO: ES EL QUE SE REALIZA EN OPERACIONES FÍSICAS TALES COMO DESBASTE Y SEDIMENTACIÓN PARA ELIMINAR LOS SÓLIDOS SEDIMENTABLES Y FLOTANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL.

TRATAMIENTO SECUNDARIO: TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS, DESPUÉS DE UNA PRIMERA ETAPA, MEDIANTE EL CUAL LAS BACTERIAS CONSUMEN LOS COMPONENTES ORGÁNICOS DEL DESECHO. LA ACCIÓN BIOQUÍMICA SE CONSIGUE CON EL USO DE FILTROS BIOLÓGICOS O PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS. UN TRATAMIENTO EFECTIVO REMUEVE VIRTUALMENTE TODO EL MATERIAL FLOTANTE Y SEDIMENTABLE Y, APROXIMADAMENTE, EL 90% DE LA DBO_5 Y DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS. (*THE WORLD BANK*, 1978). SON LOS PROCESOS UNITARIOS DESTINADOS A REMOVER O REDUCIR LAS SUSTANCIAS COLOIDALES O DISUELTAS, OBTENIÉNDOSE COMO CONSECUENCIA LA ESTABILIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA POR LA OXIDACIÓN BIOLÓGICA. SE PROYECTA, PRINCIPALMENTE, PARA REDUCIR LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN Y LA DBO. (BRAILE, 1983).

VICEPRESIDENCIA DE TRASPORTE (VIT): LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE ES EL ÁREA ESTRATÉGICA DE ECOPETROL, ENCARGADA DE PRESTAR SERVICIOS DE TRANSPORTE DE REFINADOS Y CRUDOS, CON UN ENFOQUE DE SERVICIO AL CLIENTE Y CON CRITERIOS DE CALIDAD, OPORTUNIDAD Y RESPONSABILIDAD CON LOS ACTORES SOCIALES QUE HACEN POSIBLE EL

NEGOCIO, CONTANDO CON UN EQUIPO HUMANO CALIFICADO Y
COMPROMETIDO.

34. VERTIMIENTOS: Afluentes que pueden estar o no contaminados y van a cuerpos receptores.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar la calidad de las aguas industriales de las plantas operativas de la Vicepresidencia de Transporte, teniendo como soporte la información de los resultados fisicoquímicos realizados durante los últimos cuatro años, evaluar Índices de Contaminación de aguas propuestos por el ICP y proponer rangos de concentración que contribuyan a monitorear el desempeño de los sistemas de tratamiento de aguas aceitosas.

Para desarrollar el estudio se seleccionaron tres plantas de crudos (Araguaney, Porvenir y Miraflores) y tres de refinados (Mansilla, Manizales y Puerto Salgar) y se realizaron visitas de campo con el objeto de conocer la operación de cada una de ellas y de recolectar información.

Debido a la cantidad de datos a evaluar (monitoreos fisicoquímicos realizados durante los últimos cuatro años en las seis plantas), el análisis de la información se basó en los resultados arrojados por el software para Windows STATGRAPHICS PLUS, en el cual se realizaron análisis estadísticos de los datos, tales como: análisis de correlación, análisis de varianza, análisis de componentes principales, tablas de intervalos de confianza, regresión, y tablas de Pareto.

Para cada punto de muestreo se calcularon y evaluaron los índices de contaminación por mineralización - ICOMI, materia orgánica - ICOMO y sólidos suspendidos – ICOSUS y la condición de aceptación CA-ICOMI, CA-ICOMO Y CA-ICOSUS del vertimiento, propuestos por el ICP (Instituto Colombiano del Petróleo).

Para las variables más representativas de la operación de los sistemas de tratamiento de las aguas aceitosas se buscó hallar un índice de hidrocarburos, pero los niveles de confianza arrojados por la herramienta estadística no fueron suficientes para validar una fórmula que permitiera establecer el índice. Por lo anterior con el análisis y tablas de Pareto del mismo programa, se determinaron los rangos más probables de concentración para cada una de estas variables (DQO, Hidrocarburos Totales y Grasas y Aceites) y los niveles de aceptación con respecto a legislaciones internacionales latinoamericanas, que sirven como base para una propuesta de indicadores de desempeño de los sistemas de tratamiento y como parámetro para demostrar la eficiencia de estos sistemas.

Sin profundizar en las técnicas estadísticas, que son tan solo una herramienta para obtener resultados que sean fácilmente interpretables para los fines de análisis ambiental, se logró determinar los parámetros significativos para efectos de seguimiento y control de las áreas operativas y de las Autoridades Ambientales y se establecieron aquellas variables fisicoquímicas que no están relacionadas con el tipo de productos que se manejan en las plantas ó que en el período analizado no registran ninguna concentración de interés. Los anteriores análisis permitieron evaluar los beneficios en términos económicos que la aplicación de estos resultados le podrían

proporcionar a ECOPETROL, en una gestión coordinada con las respectivas autoridades ambientales.

Al final del estudio se plantean recomendaciones para continuar con la evaluación de estos parámetros a medida que se mejore la calidad y cantidad de los datos disponibles lo cual contribuye a mejorar los niveles de confianza de los resultados y para que los mismos sean incorporados al Sistema de Administración Ambiental de la Vicepresidencia de Transporte, convirtiéndose en una herramienta clave para el seguimiento de los sistemas de tratamiento de aguas y por lo tanto en la base para demostrar el cumplimiento de las Políticas Ambientales de ECOPETROL.

INTRODUCCIÓN

En las Plantas de Almacenamiento y Bombeo que opera la Vicepresidencia de Transporte de ECOPETROL, se realizan monitoreos fisicoquímicos que exigen las Autoridades Ambientales pertinentes (MINAMBIENTE, Y/O CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES); sin embargo, no todos los parámetros fisicoquímicos evaluados en los monitoreos, corresponden a los necesarios si se tiene en cuenta la composición fisicoquímica de los productos manejados. (crudos o refinados).

A la fecha, no se ha tenido la oportunidad de analizar y evaluar sistemáticamente la información de los monitoreos de aguas residuales industriales de las Plantas, para identificar si la calidad del vertimiento está generando un impacto ambiental significativo.

Adicionalmente, existe la inquietud de evaluar la posibilidad de disminuir los costos de monitoreo, mediante la identificación y selección de los parámetros fisicoquímicos significativos y estableciendo una metodología más efectiva en comparación con la actualmente empleada.

Para desarrollar este estudio se tomaron los monitoreos realizados durante los últimos cuatro años en seis (6) plantas operativas (Araguaney, Porvenir, Miraflores, Mansilla,

Manizales y Puerto Salgar), determinando las concentraciones típicas de los parámetros fisicoquímicos de control para el vertimiento; evaluando el cumplimiento de la normatividad ambiental y verificando la aplicabilidad de los índices propuestos por el ICP y MINAMBIENTE, en la Guía Básica Ambiental Monitoreo de Aguas.

Este estudio establece los posibles impactos ambientales de las aguas residuales – industriales de las Plantas de la VIT, lo que permite definir objetivos y metas corporativos sobre este aspecto ambiental para el sistema de administración ambiental de la VIT. Igualmente, se determinó una línea base, que permite eliminar los parámetros fisicoquímicos que no estén aportando información.

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Objetivo General

Determinar los parámetros fisicoquímicos que son significativos en la evaluación de los vertimientos de las plantas de la Vicepresidencia de Transporte mediante la evaluación de sus variaciones espacio- temporales.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar el posible impacto ambiental ocasionado por los vertimientos de las plantas sobre los cuerpos receptores según el producto manejado (crudo, refinado).
- Evaluar la aplicabilidad de los índices de contaminación propuestos por el ICP y MINAMBIENTE.

- Definir los parámetros de control y monitoreo de las aguas residuales industriales para establecer indicadores de desempeño para implantación del Sistema de Administración Ambiental.
- Establecer concentraciones típicas para el control de vertimientos de las plantas de bombeo y almacenamiento

2. GENERALIDADES

2.1 Antecedentes

Para el desarrollo de este estudio se seleccionaron plantas del Oleoducto Central de los Llanos (Araguaney), del Oleoducto Central de Ocesa (Porvenir y Miraflores), del Poliducto Salgar-Cartago (Manizales) y del Poliducto Puerto Salgar-Bogotá (Puerto Salgar y Mansilla).

El Oleoducto Central de los Llanos fue construido por ECOPETROL a partir de 1987 y permitió durante varios años el transporte de los crudos del área del Casanare y Meta hasta la planta Porvenir y desde allí, pasando por la planta Miraflores, hasta la planta Vasconia en el Magdalena Medio, desde donde se enviaba el crudo a las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena, y al puerto de exportación de Coveñas, a través del Oleoducto de Colombia. A partir de 1993 se empezó a transportar por este sistema los crudos producidos inicialmente en el campo Cusiana.

Con el desarrollo de los campos Cusiana y Cupiagua el sistema de transporte de crudos de los Llanos Orientales se comenzó a realizar a partir de 1997 por el Oleoducto de Ocesa que parte del campo Cusiana y pasa por las estaciones Porvenir, Miraflores, Vasconia y llega al puerto de Coveñas.

El Oleoducto Central de los Llanos, quedó de esta manera con las plantas Araguaney y Apiay que con sus respectivas líneas bombean crudo a la estación Porvenir.

La Planta Porvenir de Orensa se encarga de recibir y rebompear los crudos Cusiana y Cupiagua y de recibir, almacenar y rebompear los crudos provenientes de Araguaney (ECOPETROL), Apiay (ECOPETROL) y Santiago (Privada).

La planta Miraflores de Orensa, situada en el departamento de Boyacá, es una estación de refuerzo y por lo tanto no tiene facilidades para almacenamiento de crudo; cuenta con ocho unidades principales de bombeo. La planta dispone de los equipos necesarios para inyectar al crudo un reductor de viscosidad, mediante el cual se amplía la capacidad hidráulica del oleoducto.

Otra de las plantas escogidas que manejan crudo es Araguaney, la cual tiene como función, recibir y almacenar en tanques los crudos provenientes de los campos de producción del departamento de Casanare. Estos crudos son de carácter parafínico y nafténico. Está ubicada a 20 Kilómetros de la ciudad de Yopal (Casanare), a una altura de 268 msnm con una temperatura promedio de 30°C.

Para productos refinados se escogió la Planta Manizales del Poliducto Salgar-Cartago, conocido como ODECA. La Planta Manizales tiene como función recibir los productos refinados provenientes de la planta Puerto Salgar, y hacer entrega a distribuidores mayoristas como: Exxon-Mobil, Terpel y Texaco.

Las otras dos plantas operativas seleccionadas pertenecen al Poliducto Salgar Bogotá . La Planta Mansilla y la Planta Puerto Salgar, son plantas de almacenamiento y bombeo de refinados, que abastecen la totalidad de los combustibles requeridos por Bogotá y su área de influencia, lo cual representa aproximadamente el 40% del consumo total del país.

La planta de Puerto Salgar; se localiza en jurisdicción del Municipio de Puerto Salgar, departamento de Cundinamarca y está a una altitud de 172 msnm y a 3 Km de la cabecera municipal. Su función principal es recibir y almacenar los productos refinados provenientes de la refinería de Barrancabermeja y distribuirlos mediante los Poliductos Salgar – Cartago, Salgar –Neiva y Salgar –Bogotá.

La Planta Mansilla, está situada en el municipio de Facatativa, departamento de Cundinamarca, a una altitud de 2640 msnm y a 4 Km. de la cabecera municipal. Su función principal es la de recibir y almacenar los productos refinados provenientes de Puerto Salgar, entregar a distribuidores mayoristas como Exxon-Mobil y Terpel, localizados en dicho Terminal y bombear productos a la Planta Puente Aranda localizada en la ciudad de Bogotá.

2.2 localización

Se presenta a continuación la red Nacional de Transporte de Hidrocarburos, en la que se identifican las seis plantas objeto del estudio.

RED NACIONAL DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

Vicepresidencia de Transporte

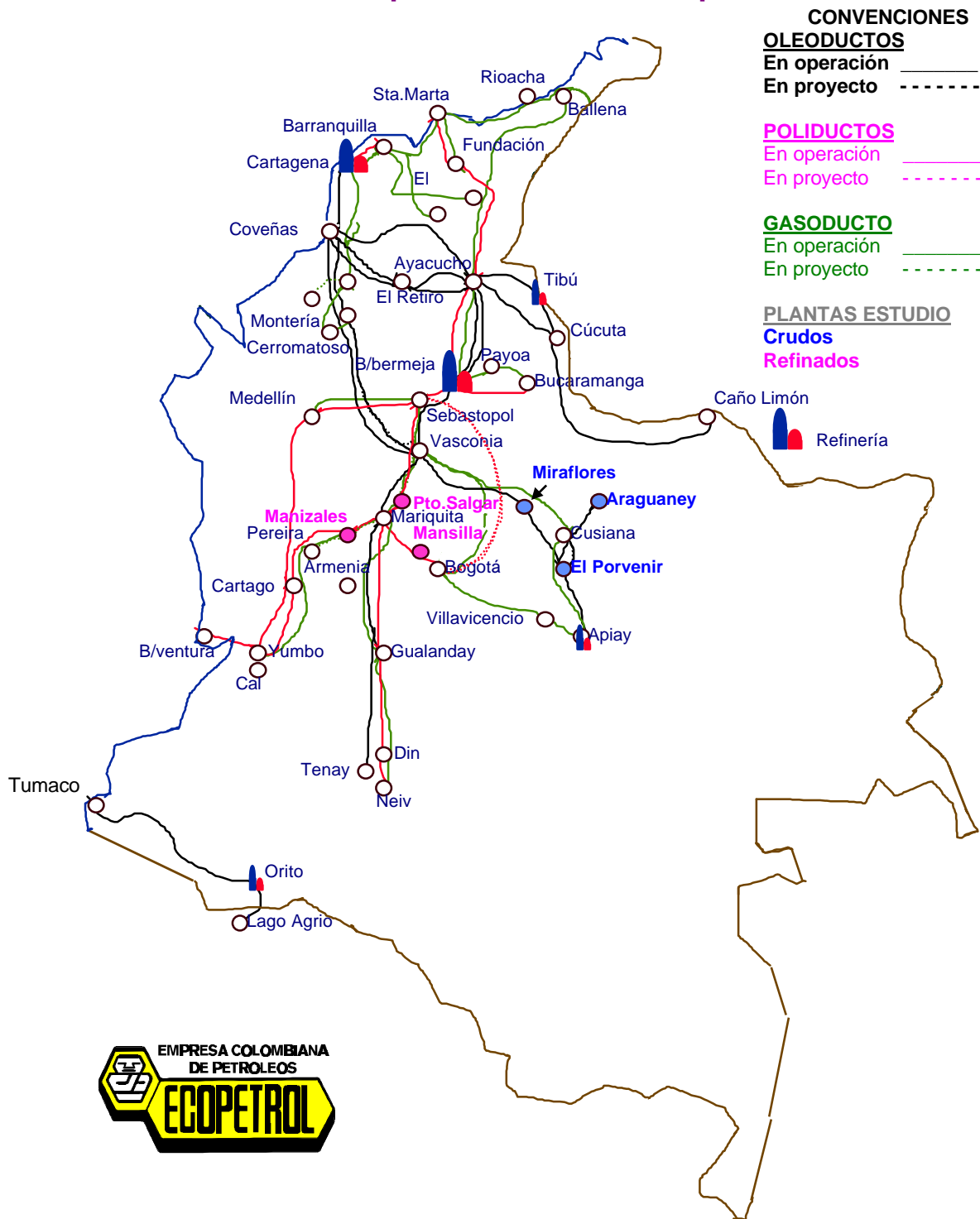


Figura 1. Red Nacional de Transporte de Hidrocarburos

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PLANTAS DE BOMBEO Y ALMACENAMIENTO DE CRUDOS Y REFINADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA

Dentro de la operación, las plantas tienen como función principal almacenar y/o reimpulsar ó rebombear los hidrocarburos hacia otras plantas, hacia las refinerías y hacia plantas terminales ubicadas en los grandes centros urbanos para su utilización.

Todas las plantas cuentan con un manual de operaciones, donde se especifica cada una de las actividades que se debe desarrollar y su procedimiento, los cuales deben ser actualizados cada vez que ocurran modificaciones a las plantas.

Las plantas cuentan con manuales de seguridad industrial, con planes de manejo ambiental y con planes de emergencia y contingencia.

Las plantas son permanentemente atendidas por personal de operaciones y en cada cambio de turno se realiza una inspección visual de la planta, con el fin de detectar posibles escapes o fugas, verificar el estado de los instrumentos y el correcto funcionamiento de equipos e instalaciones.

3.2 ACTIVIDADES OPERACIONALES BÁSICAS QUE SE LLEVAN A CABO EN UNA PLANTA

3.2.1 Recibo.

La planta recibe los productos por medio de líneas de conducción de diferente diámetro mediante el siguiente sistema de equipos para cada línea:

1. Válvulas de alivio, cuya función es evitar cualquier sobre-presión en la entrada.
2. Trampa de raspadores, la cual recibe los raspadores en las operaciones de mantenimiento o durante el cambio de producto. La trampa posee una válvula de alivio, un detector de paso de raspadores, venteo, drenaje indicador de presión y tapa.

3.2.2 Control de Flujo, Prelimpieza y Limpieza

Para la limpieza se cuenta con filtración mediante filtros de canasta en cada línea de recibo. Se cuenta con filtros en dos brazos paralelos, uno en operación y otro como reserva, en caso de taponamiento del filtro en operación.

Para el control de flujo se cuenta con válvulas de control de flujo ó de control de presión, que gradúan automáticamente su porcentaje de apertura ó cierre según los parámetros que le defina el operador.

3.2.3 Medición

La medición y totalización del flujo se efectúa mediante medidores de desplazamiento positivo ó turbinas que con base en el número de vueltas que dan, envían información a sistemas de control que computan el caudal recibido ó despachado.

3.2.4 Almacenamiento (si se realiza)

Los hidrocarburos se almacenan en tanques construidos en láminas soldadas de acero al carbón, de forma cilíndrica. La capacidad total del almacenamiento de una planta depende de su función operacional. Para el caso de plantas terminales se requieren capacidades de almacenamiento suficientes para atender varios días de abastecimiento a los centros de consumo que atiendan.

3.2.5 Almacenamiento Principal

El proceso de almacenamiento principal se inicia una vez pasa el producto por las válvulas de control de flujo. Posteriormente el producto llega a un múltiple que posee un número determinado de salidas, las cuales van respectivamente a los tanques de almacenamiento principal, que mediante válvulas motorizadas permiten la entrada o salida controlada del producto en los tanques respectivos.

3.2.6 Almacenamiento Secundario

Las plantas cuentan con sistemas auxiliares de almacenamiento de capacidad menor, para atender situaciones especiales de mantenimiento. Estos se denominan como tanques de relevo y de sumidero.

La capacidad del tanque de relevo depende de la capacidad de almacenamiento y/o bombeo de la planta. El tanque de relevo recibe todos los flujos provenientes de válvulas de seguridad de la planta, incluyendo el vaciado de la línea y recibe el producto recuperado del separador API, todos los alivios térmicos de la planta, los flujos de producto provenientes de los drenajes limpios (captados en el tanque sumidero).

El tanque sumidero, recibe los drenajes limpios de las líneas de proceso para enviarlo por medio de bombas al tanque de relevo. El tamaño del tanque sumidero será aquel que permita contener el volumen de la mayor tubería a drenar dentro de la planta sin el requerimiento de bombas.

3.2.7 Bombeo de Refuerzo

El proceso se inicia desde la salida de cada tanque, cuyas tuberías descargan a un múltiple común desde donde se alimenta cada bomba *booster* ó de refuerzo, que recibe una presión normal de 12 psig y la eleva hasta 125 psig (presión normal de descarga de estas bombas en condiciones normales de operación). La salida de cada bomba se recoge en un múltiple y se lleva en una sola línea hasta la entrada del siguiente paso.

3.2.8 Limpieza Final y Medida de Despacho

La línea proveniente del múltiple de descarga de las bombas de refuerzo ó *booster* se hace pasar a través de un filtro de canasta (para limpieza) y después por un medidor de desplazamiento positivo ó de una turbina que mide el flujo y totaliza la cantidad de producto que se va enviar mediante las bombas principales.

3.2.9 Bombeo Principal

El despacho a la planta siguiente se realiza por medio de bombas principales que elevan la presión desde un valor normal promedio de 125 psig a la succión, hasta una presión de descarga de 1800 psig.

Sobre la línea de salida de la planta, se tiene la trampa de lanzamiento de raspadores.

Dentro de las actividades rutinarias que se desarrollan en una planta están:

1. Medición de tanques de almacenamiento (si hay)
2. Toma de muestras del producto almacenado y/o que llega a la planta (crudo o refinado).
3. Recibo de crudo combustible o diesel de carrotanques (para el funcionamiento de las maquinas).
4. Cambio y limpieza de filtros de producto ubicados antes de la medición.
5. Recibo y envío de raspadores(uno semanal por cada línea que llegue a la planta).
Los raspadores cumplen la función de limpiar mecánicamente la tubería interna.
6. Drenaje de tanques de almacenamiento.

7. Revisión de rodamientos, sellos mecánicos, sistemas de lubricación y sistemas de enfriamiento de las bombas.
8. Operación de sistemas generadores de energía de emergencia.

Semanalmente se verifica el funcionamiento del sistema de protección contra incendio, entre otros.

ECOPETROL, dentro de sus programas de rutina, realiza inspecciones sobre el funcionamiento de las plantas, en las áreas de higiene, seguridad industrial y ambiental.

3.3 PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS PLANTAS DE REFINADOS (MANIZALES, MANSILLA, PUERTO SALGAR)

1. Gasolina motor.
2. Diesel.
3. Gasolina extra.
4. Queroseno.
5. Virgin-oil.
6. Turbo combustible (JET-A)

Véase Anexo A, donde se muestra un diagrama de flujo del proceso y el plano de distribución espacial de las áreas que conforman una Planta típica de manejo de hidrocarburos.

3.3.1 Propiedades Fisicoquímicas de los Productos Refinados

Cuadro 1. Características y usos del A.C.P.M.

NOMBRE	A.C.P.M.
FORMULA	Mezcla
SINÓNIMO	Aceite Combustible para Motores, Diesel, fuel Oil N° 2
OBTENCIÓN Y USOS	Es un destilado medio obtenido del fraccionamiento o destilación primaria del petróleo crudo. Se utiliza principalmente como combustible para motores diesel (en vehículos, plantas eléctricas y calderas)
ACTIVIDAD	Transporte

Cuadro 2. Principales componentes del ACPM

Nombre	Porcentaje (%)
Carbonos Parafínicos	50.0
Carbonos Nafténicos	35.5
Carbonos Aromáticos Totales	14.5
Carbonos Ar-H	7.5
Carbonos Ar-C1	3.1
Carbonos Ar-C2	3.9

Cuadro 3. Características y usos del Turbocombustible Jet-A

NOMBRE	Turbosina Jet A
SINÓNIMO	Jet A; JP1A
APLICACIÓN	Es un destilado medio obtenido de la destilación primaria de mezclas de petróleo y crudo, especialmente seleccionadas. Por sus características y calidad muy especiales es adecuado para ser utilizado en las turbinas de avión a propulsión

Cuadro 4. Principales componentes del Turbocombustible Jet-A

Nombre	Porcentaje (%)
Carbonos Parafínicos	56.8
Carbonos Nafténicos	29.4
Carbonos Aromáticos Totales	13.8
Carbonos Ar-H	7.9
Carbonos Ar-C1	3.2
Carbonos Ar-C2	2.8

Cuadro 5. Características y usos del Queroseno

NOMBRE	Queroseno
SINÓNIMO	Queroseno
APLICACIÓN	Es un destilado medio obtenido del fraccionamiento primario del crudo en las unidades de destilación. Se usa como disolvente en procesos industriales. También como combustible doméstico en las estufas y quemadores, diseñadas para la cocción de los alimentos.

Cuadro 6. Principales componentes del Queroseno

Nombre	Porcentaje (%)
Carbonos Parafínicos	52.0
Carbonos Nafténicos	24.4
Carbonos Aromáticos Totales	23.6
Carbonos Ar-H	11.6
Carbonos Ar-C1	4.1
Carbonos Ar-C2	7.9

Cuadro 7. Características y usos de la Gasolina Motor

NOMBRE	Gasolina automotor
SINÓNIMO	Gasolina regular, gasolina premium
APLICACIÓN	Combustible para motores

Cuadro 8. Principales componentes de la Gasolina Motor

Nombre	Porcentaje (%)
Parafina	11.25
Iso- Parafinas	31.48
Aromáticos	26.04
Naphataleno	12.63
Oleofinas	14.82
Oxigenantes	3.17
No detectable	0.57
C12+	2.99

Cuadro 9. Características y usos de la Gasolina Extra

NOMBRE	Gasolina extra
SINÓNIMO	Gasolina Premium
APLICACIÓN	Se usa como combustible en motores de combustión interna de alta relación de compresión.

Cuadro 10. Principales Componentes de la Gasolina extra

Nombre	Porcentaje (%)
Parafinas	7.01
Iso- Parafinas	27.87
Aromáticos	25.15
Naphataleno	7.74
Oleofinas	18.57
Oxigenantes	13.33
No detectable	0.30
C12+	1.84

3.4 PRODUCTOS MANEJADOS EN LAS PLANTAS DE CRUDOS (MIRAFLORES, ARAGUANAY Y PORVENIR)

La planta Araguaneay maneja varios tipos de crudo del área del Casanare, producidos en diferentes campos. Las características de estos crudos son similares y para las operaciones de bombeo, se mezclan todos entre sí.

Las plantas Porvenir y Miraflores, además de los crudos que reciben de la planta Araguaneay, reciben el crudo Cusiana y Cupiagua y los crudos del área del Meta tales como Apiay. El crudo que en mayor volumen se transporta por este oleoducto es el Cusiana.

Cuadro 11. Características y usos del Crudo Cusiana

NOMBRE	Crudo Cusiana
SINÓNIMO	
APLICACIÓN	Es una fuente de una gran variedad de productos orgánicos, a partir de su destilación o craqueo se obtiene entre otros: gasolina, queroseno, aceites combustibles, aceites lubricantes y ceras de parafinas.

Cuadro 12. Principales componentes del crudo Cusiana

Nombre	Porcentaje (%)
Mezcla de hidrocarburos alifáticos.	100 aproximadamente.
Benceno	<1
N- Hexano	<5
Bisulfuro de hidrógeno	<10 ppm

4. NORMATIVIDAD APLICABLE SOBRE CALIDAD DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES POR PLANTA

4.1 PLANTAS ARAGUANAY Y PORVENIR

La Autoridad Ambiental competente es la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía CORPORINOQUIA, su sede principal se localiza en la ciudad de Yopal Departamento del Casanare. Esta Corporación no ha expedido normas y/o resoluciones sobre vertimientos, por lo tanto, para calidad de vertimiento se rigen por el Decreto 1594/84 y para el cobro de tasas retributivas, por el Decreto 901 de 1997.

4.2 PLANTA MIRAFLORES

La autoridad ambiental competente es la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA, su sede principal se localiza en la ciudad de Tunja, Departamento de Boyacá. Esta Corporación no ha expedido normas y/o resoluciones sobre vertimientos, por lo tanto, para calidad de vertimiento se rige por el Decreto 1594/84 y para el cobro de tasas retributivas, por el Decreto 901 de 1997.

4.3 PLANTAS MANSILLA Y PUERTO SALGAR

La autoridad competente es la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR su sede principal se localiza en Bogotá. En 1987 la CAR promulgó el Acuerdo 58 “Por el cual se dictan normas para el manejo, administración y control de la calidad del recurso hídrico en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez – CAR y se deroga integralmente el acuerdo No. 09 de 1979”.

No obstante existir esta norma, para la Planta Mansilla la CAR fijó la siguiente norma de vertimiento, mediante Resolución No. 1846 del 11 de noviembre de 1997:

Cuadro 13. Norma de Vertimiento para la planta Mansilla

PARAMETRO	UNIDADES	RANGO
PH		6.5-9.0
Sulfatos	mg/L	Menor 400
Sólidos Totales	mg/L	Menor 300
DBO	mg/L	Menor 7.0
Fenoles	mg/L	Menor 0.002
Grasas y Aceites	mg/L	Menor a 20
Molibdeno	mg/L	Menor 0.01
Plomo	mg/L	Menor 0.05
Cadmio	mg/L	Menor 0.01
Hierro	mg/L	Menor 5.0
Zinc	mg/L	Menor 2.0

Para la Planta Puerto Salgar la CAR fijó la siguiente norma de vertimiento mediante auto 2194 de 1995:

Cuadro 14. Norma de Vertimiento para la Planta Puerto Salgar

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
PH	UND	6.5-9
TEMPERATURA	°C	≤ 40
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	≤ 300
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	≤ 80
DBO5	mg/L	≤ 16
DQO	mg/L	≤ 40
GRASAS Y ACEITES	mg/L	≤ 0.0.1
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	≤ 0.01
HAP	mg/L	AUSENTE
FENOL	mg/L	≤ 0.002
PLOMO	mg/L	≤ 0.05
VANADIO	mg/L	≤ 1
MERCURIO	mg/L	≤ 0.002
OD	mg/L	≥ 5
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	≤ 5000
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	≤ 1000

4.4 PLANTA MANIZALES

La autoridad ambiental competente es la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS, su sede principal se localiza en la ciudad de Manizales, Departamento de Caldas. Esta Corporación no ha expedido normas y/o resoluciones sobre vertimientos, por lo tanto, para calidad de vertimiento se rige por el Decreto 1594/84 y para el cobro de tasas retributivas, por el Decreto 901 de 1997.

Como referencia de comparación de algunos parámetros fisicoquímicos de vertimiento para los cuales la legislación Colombiana no establece valores aceptables, en el cuadro siguiente se presentan normas de Costa Rica y Argentina y se muestran también los principales criterios de aceptación del Acuerdo 58 de 1987 de la CAR y el Decreto 1594/84.

Se tomo como referencia el artículo 26 del acuerdo 58/87 de la CAR, en el cual las aguas se clasifican de acuerdo con sus usos actuales y potenciales, de la siguiente manera.

- Clase A: Corresponde a los valores más restrictivos de los siguientes usos:
Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional. Preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.
- Clase B: Corresponde a los valores más restrictivos de los siguientes usos:
Preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario.
- Clase C: Corresponde a los valores más restrictivos de los usos agrícola y pecuario.
- Clase D: Uso agrícola restringido. Generación de energía, uso industrial restringido.

Las referencias propias de esta clasificación se presentan a continuación en la columna del Decreto 58/87 de la CAR.

Cuadro 15. Normas sobre vertimientos

PARÁMETRO	ACUERDO 58/87 CAR				DECRETO 1594/84	MINISTERIO DE SALUD, AMBIENTE Y ENERGÍA DE COSTA RICA 1995	DECRETO 1333/94 ARGENTINA
	A	B	C	D			
						Cuerpo de agua	Colector ,aguas lluvias o cuerpos de agua
DBO (mg/L)	5	10	30		Remoción > 80%		<50
DQO(mg/L)							< 250
SST (mg/L)	300	500	1000		Remoción > 80%		
SAAM(mg/L)	0.14	0.14			0.143		
Grasas y aceites (mg/L)	ND	0.01		20	Remoción > 80%	30	< 10
Hidrocarburos (mg/L)							< 30
Fenol (mg/L)	0.002				< 0.2	1	< 0.5
Sulfuro(mg/L)	0.002	0.002				25	<1
PH(UNID)	6.5-9	6.5-9	4.5-9	4.5-9	5.0-9.0	5.0-9.0	6.5-10
OD	6.0	5.0	2.0		5.0		
Coliformes T (NMP/100ml)	5000	5000	1000				< 5000
Coliformes F (NMP/100ml)	1000	1000					

5. MANEJO DE AGUAS DE LAS PLANTAS OPERATIVAS

En las plantas de bombeo y almacenamiento, el manejo de aguas incluye acciones sobre:

1. Las aguas de suministro para uso doméstico e industrial.
2. Las aguas lluvias caídas en zonas diferentes a las del proceso, que pueden ser llevadas directamente a los cuerpos receptores.
3. Las aguas lluvias caídas en la zona de proceso, y que se transforman en aguas aceitosas al entrar en contacto con áreas contaminadas de hidrocarburo en las zonas industriales.
4. Las aguas aceitosas, producto de drenaje de fondo de tanques, tuberías ó equipos de proceso
5. Las aguas residuales domésticas.

Periódicamente se realizan muestreos de las aguas aceitosas y domésticas con el fin de realizar los análisis fisicoquímicos para establecer la calidad de los vertimientos que van a los cuerpos receptores. La toma de muestras, su manejo, rotulado, conservación, presentación de informes y aseguramiento de calidad se realizan bajo especificaciones preparadas por ECOPETROL y hacen parte del sistema de administración ambiental de la Vicepresidencia de Transporte. (Véase Anexo D).

5.1 SUMINISTRO DE AGUA PARA LA PLANTA OPERATIVA

El suministro de agua para uso industrial y potable en las plantas de bombeo de la VIT, lo realizan las empresas de acueducto de las ciudades o municipios. En los casos en que el municipio no cuenta con este servicio, el agua se capta por medio de bocatomas o pozos profundos.

5.2 REDES DE AGUAS LLUVIAS

Todas las plantas cuentan con un sistema de drenaje de aguas lluvias independientes de las aguas industriales.

El sistema de aguas lluvias está constituido por cunetas que reciben las aguas de zonas diferentes a las de proceso y que no se contaminan con hidrocarburos, como son: áreas pavimentadas del parqueadero, vías de acceso, bodega, unidad contra incendio, subestación eléctrica, área de oficinas y son descargadas directamente a los canales de drenaje pluvial.

5.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (ACEITOSAS)

Las aguas aceitosas, provienen de los drenajes de fondo de tanque de (crudo o refinado), drenaje de fondo del tanque de relevo; drenajes de los múltiples y la trampa de raspadores; de los drenajes de las bombas principales y de transferencia; y de los drenajes de los patines de medición y del lavado de filtros. Estos drenajes se conducen por gravedad al sistema de tratamiento, separadores API o CPI mediante una red de

tuberías de acero al carbón y pozos de inspección con sello de agua (este es un sello de seguridad y su función es no dejar devolver los gases a la caja de inspección).

5.3.1 Separador API

Un separador de aguas aceitosas convencional, comúnmente llamado separador API consiste en un canal rectangular diseñado para garantizar condiciones de flujo de las corrientes entrantes que permitan que las partículas de aceite libre asciendan a la superficie y se conviertan en una fase separada de aceite que es removida por medios mecánicos. La velocidad a la cual ascienden las partículas de aceite es resultado de la diferencia de densidad del agua y el hidrocarburo. De esta manera, un separador API está diseñado para retirar solamente el aceite libre. Si en el flujo que entra al separador se encuentra aceite disuelto ó emulsionado, el separador API no puede removerlo. Las fases de hidrocarburo separadas y removidas por medios mecánicos, normalmente son recuperadas e incorporadas a tanques ó corrientes de proceso. El mecanismo más usual para remover el hidrocarburo de la superficie es una flauta desnatadora que consiste en una tubería con una ranura que permite mediante inclinación recuperar el hidrocarburo dependiendo del espesor de la película de aceite. En uno de los extremos de la tubería se encuentra una caja recolectora desde donde se recicla el hidrocarburo recuperado.

Aguas abajo de la flauta desnatadora se encuentra un bafle de retención normalmente construido en concreto que tiene una altura del 50% de la profundidad del separador y que evita que salga del separador cualquier partícula de aceite que no logre ser recuperada en la flauta.

Al igual que cualquier equipo de sedimentación a la vez que el aceite se separa, en el separador API se decantan los sólidos en suspensión (lodos aceitosos), que son removidos periódicamente mediante limpiezas de mantenimiento y dispuestos en canecas. Para la retención de basuras o material grueso los separadores disponen a la entrada de una malla filtrante.

Las plantas Puerto Salgar, Araguaney, Porvenir, Miraflores y Mansilla, utilizan para el tratamiento de sus aguas residuales-industriales separadores API, con una longitud variable dependiendo de los caudales de entrada y una profundidad aproximada de 2.10 m.

Usualmente la corriente de salida del separador pasa a un tratamiento secundario en una piscina de oxidación, desde donde se realiza el vertimiento al cuerpo receptor.

5.3.2 Separador CPI

La eficiencia de un separador API depende directamente del área de la superficie del separador. El área de la superficie se puede aumentar mediante la instalación de láminas ó placas paralelas en el canal del separador. El separador al que se le instalen las placas tendrá un área superficial incrementada por la suma de las proyecciones horizontales de todas las placas, lo cual permite que en lugares donde hay limitaciones de espacio se puedan instalar unidades más compactas con las eficiencias requeridas. Este tipo de separadores puede manejar flujos dos ó tres veces mayores que el de un separador convencional. Adicionalmente el flujo a través de las placas disminuye la turbulencia lo cual también contribuye a la eficiencia del separador.

Las placas normalmente se instalan con una inclinación de 45 grados para facilitar que las partículas de aceite separado que se ubican en la parte inferior de las placas, fluyan hacia la superficie, al tiempo que las partículas pesadas de sedimentos se deslicen por gravedad hacia el fondo del separador. Por esta razón es usual que para facilitar la recolección tanto de hidrocarburo como de partículas pesadas, las placas sean corrugadas.

El sistema de tratamiento de aguas aceitosas de la planta Manizales opera con el separador CPI o de placas paralelas.

6. INDICES DE CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS INDUSTRIALES PROPUESTOS POR EL ICP (INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO) Y EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

La implementación de índices de contaminación (ICO) en estudios de monitoreo (de evaluación o seguimiento), permite que personas que no se encuentren familiarizadas con los rangos naturales de cada variable fisicoquímica puedan interpretar la condición de cualquier sistema lótico (ríos) o léntico (lagunas).

Cada ICO está diseñado para valorar un problema ambiental diferente, por lo que una condición particular de contaminación puede llevar a implantar un estudio con muy pocas variables, relativas únicamente al problema en cuestión; así por ejemplo, si la fuente de contaminación es orgánica puede remitirse el estudio a menos de 5 variables (coliformes totales, DBO, oxígeno, fósforo total y pH).

El cálculo de los índices constituye otra vía de llevar a cabo caracterizaciones fisicoquímicas de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables determinadas.

El ICP y MINAMBIENTE basándose en los análisis de múltiples datos fisicoquímicos, desarrolló los ICO con base en los siguientes criterios:

1. Hay un grupo de variables que muestran altas, consistentes y significativas correlaciones entre sí; todas ellas son propias de la mineralización de las aguas e

incluye aniones (sulfatos, cloruros, hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos) y cationes (sodio, potasio, calcio y magnesio principalmente); a consecuencia de ello, la dureza, la alcalinidad, los sólidos disueltos y la conductividad, también se agrupan con las anteriores variables. El pH muestra también asociación con la alcalinidad.

2. Las reacciones de oxidación- reducción de la materia orgánica se reflejan en múltiples variables, de las cuales se correlacionan entre sí las siguientes: Coliformes totales con fecales; demanda química de oxígeno con demanda bioquímica (DBO, DQO); fósforo total con ortofosfatos. El oxígeno por su parte no se relaciona de manera significativa con ninguna de las anteriores.
3. Los sólidos suspendidos no corresponden con ninguno de los dos grupos anteriores; se correlacionan significativa y recurrentemente con la turbiedad y el amonio y en el presente estudio se evaluó su aplicabilidad.

De acuerdo con lo anterior el ICP realizó la formulación de los índices de contaminación por mineralización - ICOMI, materia orgánica – ICOMO y sólidos suspendidos - ICOSUS. Estos tres índices fueron aplicados en el presente estudio. El índice de trofia propuesto por el ICP, no se calculó, por no contar en los monitoreos con los datos necesarios para ello.

Los cuatro índices propuestos por el ICP y MINAMBIENTE son complementarios, no se correlacionan entre sí y evidencian por lo tanto problemas ambientales diferentes.

Cuando se analizan los índices se debe tener en cuenta si el cuerpo hídrico es una cuenca alta, media y baja para determinar su capacidad ambiental. La capacidad ambiental de un curso es mayor en la medida en que se aumenta su caudal, siendo así que éste aumenta de sequía a lluvias y de cuenca alta a baja. En las cuencas bajas se produce deterioro en la calidad de las aguas producto de múltiples vertimientos recibidos y en las cuencas medias el deterioro no es tan significativo como en la baja.

Las plantas Arguaney, Miraflores, Porvenir, Mansilla y Puerto Salgar, pertenecen a cuencas altas. Manizales pertenece a una cuenca media.

Los ICO a diferencia de otros índices, reflejan nula o baja contaminación cuando son próximos a cero (0) y alta polución en la medida que se aproximan a uno (1). Sus rangos denotan la siguiente contaminación ambiental:

Cuadro 16. . Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos

ICO	CONTAMINACIÓN
0 - 0,2	Ninguna
> 0,2 - 0,4	Baja
> 0,4 - 0,6	Media
> 0,6 - 0,8	Alta
> 0,8 - 1	Muy alta

7. METODOLOGÍA

7.1 PLANIFICACION DEL ESTUDIO

Con el fin de identificar si existen diferencias en la calidad del vertimiento de acuerdo con el producto manejado en cada planta, se seleccionaron tres plantas para crudos y tres para refinados.

Las plantas de crudo seleccionadas fueron: Araguaney ,Porvenir y Miraflores y las de refinados Mansilla, Puerto Salgar y Manizales

Se seleccionaron estas plantas, por la facilidad de acceso y porque cuentan con información completa y actualizada, sobre los monitoreos fisicoquímicos de las aguas residuales industriales realizados durante los últimos cuatro años.

La dirección e Interventoría del estudio por parte de ECOPETROL VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE, estuvo a cargo del Area de Responsabilidad Integral.

7.2 RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la evaluación se realizaron visitas de campo a las plantas escogidas con el objeto de conocer la operación de cada una de ellas, observar y analizar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y recolectar información sobre los monitoreos fisicoquímicos realizados durante los últimos cuatro años.

Se contó con la colaboración de los coordinadores de planta y operadores de cada una de las instalaciones.

7.3 METODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS DATOS (PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS)

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Clasificar la información por planta, (plantas de crudos y refinados).
2. Elaborar un archivo en Excel para cada planta, con los datos (parámetros fisicoquímicos), de cada punto de muestreo: entrada al API; salida al API; vertimientos a los cuerpos receptores aguas arriba y aguas abajo. (Véase Anexo C)
3. Se definió como criterio para eliminar parámetros, la existencia de datos constantes (es decir, durante los cuatro años de monitoreo no existió una concentración detectable del parámetro) o no existían más de tres datos, por lo que no es estadísticamente significativo o el parámetro solo había sido monitoreado en un planta.

Como herramienta para realizar los análisis estadísticos requeridos, se utilizó el programa *STATGRAPHICS PLUS* para *WINDOWS®*; este programa permite realizar análisis estadísticos paramétricos y no-paramétricos.

Para cada punto de muestreo se realizó la estadística básica de los datos, que incluye las medidas de tendencia central (promedio), las medidas de variabilidad (varianza, desviación estándar y valores máximos y mínimos) y las medidas de distribución (coeficiente de *Kurtosis* y de *Skewness*) con el fin de determinar si la muestra se distribuye normalmente. Si los valores de estos coeficientes se encuentran fuera del

rango de -2 y 2 , los datos no se distribuyen normalmente, por lo que es necesario transformarlos para poder aplicar una estadística paramétrica (análisis de varianza, correlaciones, regresiones entre otras).

La transformación de datos se realiza para lograr que los datos tengan una distribución normal, y poder utilizar estadísticas paramétricas. Para transformar los datos se utiliza la aplicación de logaritmos, extracción de raíces o funciones trigonométricas, y su finalidad es disminuir la incidencia de los valores dominantes.

7.3.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Mediante esta técnica se analizó el comportamiento de algunos parámetros fisicoquímicos asociados con fuentes de variación reconocida aplicando el procedimiento aritmético que descompone la suma total de cuadrados. De esta manera se analizó el efecto de variables independientes tales como el clima, la planta y la época de muestreo versus la concentración de parámetros de grasas y aceites, DQO e hidrocarburos totales en los vertimientos de los sistemas de tratamiento (separadores API).

7.3.2 Análisis de correlación entre variables fisicoquímicas

Se realizó el análisis de correlación por plantas entre los parámetros de salida del sistema de tratamiento, tanto para plantas de crudos como de refinados con el fin de establecer su afectación por causas externas y su relación conjunta. El análisis de correlación consiste en analizar dos fenómenos fisicoquímicos que crecen o decrecen de forma simultánea y proporcional debido a factores externos. Si uno crece en la misma

proporción que el otro, se dice que los fenómenos están positivamente correlacionados. Si uno crece en la misma proporción que el otro decrece, los dos fenómenos están negativamente correlacionados. El grado de correlación se calcula aplicando un coeficiente de correlación a los datos de ambos fenómenos. Una correlación positiva perfecta tiene un coeficiente + 1, y para una correlación negativa perfecta es -1. La ausencia de correlación da como coeficiente 0. Por ejemplo, el coeficiente 0,89 indica una correlación positiva significativa, -0,76 es una correlación negativa significativa y 0,13 es una correlación positiva no significativa.

7.3.3 Análisis de componentes principales (ACP)

Esta técnica es usada para ayudar a clarificar los resultados mediante una representación gráfica. Permite evaluar grandes matrices de registros fisicoquímicos (múltiples plantas y variables) y su principal ventaja consiste en conjugar en unas variables llamadas componentes, alta cantidad de información con base en las correlaciones existentes.

La importancia de este análisis se comprende mejor en el siguiente ejemplo: Si se han determinado registros en un total de veinte variables fisicoquímicas, cada variable aporta un 5% de la información, de tal modo que si se eligen por ejemplo tres variables se da explicación al 15% de la información. El ACP por el contrario, puede explicar en igual número de variables llamadas componentes, un porcentaje considerablemente mayor (ej: 50 a 80%), en razón de las correlaciones existentes entre las variables fisicoquímicas.

7.3.4 Análisis de cuadros de Pareto para Grasas y aceites, DQO e Hidrocarburos

Totales

Mediante la utilización de los cuadros de Pareto, se definió un rango de aceptación de los datos para cada parámetro en cada punto de muestreo, con el fin de establecer un mecanismo de control y definir los indicadores de desempeño que permite identificar a partir de las frecuencias de los datos observados en los monitoreos los rangos en los cuales se espera encontrar los resultados.

7.3.5 Intervalos de confianza

Los intervalos de confianza consisten en determinar un posible rango de valores o intervalo, en los que pueda precisarse con una determinada probabilidad que el valor de un parámetro se encuentra dentro de esos límites. Se basan en la media y la desviación estándar de los datos, definen el rango menor y mayor en el que se espera se encuentren los datos, con una probabilidad del 99, 95 o 90 %. En este estudio se definieron intervalos de confianza con el 95 % de confiabilidad.

7.4 CÁLCULO DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN POR VERTIMIENTOS INDUSTRIALES, PROPUESTOS POR EL ICP (INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO) Y EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

Se calcularon los índices de contaminación para cada cuerpo receptor, aguas arriba y aguas abajo de las plantas tomadas como muestra, excepto la planta Mansilla donde se maneja un sistema de recirculación de aguas, es decir, no hay vertimiento a cuerpos receptores externos. (Véase Anexo B).

Cuadro 17. Plantas y cuerpos receptores

PLANTAS QUE MANEJAN REFINADOS:	Quebrada aguas Arriba y aguas Abajo
Puerto Salgar	El Guanabano
Mansilla	Mansillita
Manizales	Manizales
PLANTAS QUE MANEJAN CRUDOS	Quebrada aguas arriba y aguas Abajo
Araguaney	El Turrón
Miraflores	Guamalera
Porvenir	La Pedregosa

Una vez calculados los índices que indican contaminación aguas arriba y aguas abajo del cuerpo receptor, (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOPH), se verifica si el cuerpo receptor está en condiciones de recibir el vertimiento con los anteriores contaminantes, mediante el cálculo del C.A. (condición de aceptación del vertimiento), a la salida de los separadores API de las plantas evaluadas.

7.4.1. Índices de contaminación por mineralización (ICOMI)

Su propósito es recoger en unas pocas variables, la expresión de los múltiples iones disueltos en el agua. Lo conforman conductividad, dureza y alcalinidad:

$$\text{ICOMI} = 1/3 * (\text{I. Conductividad} + \text{I. Dureza} + \text{I. Alcalinidad})$$

I. CONDUCTIVIDAD: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$\log_{10} I. \text{ Conductividad} = -3,26 + 1,34 \log_{10} \text{ Conductividad} (\mu/L)$.

I. Conductividad = $10 \log_{10} I. \text{ Conductividad}$.

Conductividades mayores a 270 $\mu g/L$, tiene un índice de conductividad = 1.

I. DUREZA: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$\log_{10} I. \text{ Dureza} = -9,09 + 4,40 \log_{10} \text{ Dureza} (mg/L)$

I. Durezas mayores a 110mg/L tienen I. Dureza = 1

Durezas menores a 30mg/L tienen I. Dureza = 0

I. ALCALINIDAD: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

I. Alcalinidad = $-0,25 + 0,005 \text{ Alcalinidad} (mg/L)$

Alcalinidad mayores a 250mg/L tienen I. Alcalinidad = 1

Alcalinidad menores a 50mg/L tienen I. Alcalinidad = 0

7.4.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Se determina a partir de tres variables las cuales son: Demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y porcentaje de oxígeno.

$ICOMO = 1/3 * (I. DBO + L. Coliformes\ totales + I. Oxígeno\ \%)$

I. DBO: Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$I. DBO = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO(mg/L)$

I. DBO mayores a 30 mg/L tienen I. DBO = 1

I. DBO menores a 2mg/L tienen I. DBO = 0

I. COL .TOLT mayores a 20000 NMP/100ml tienen I COL. TOLT = 1

I. COL .TOLT menores a 500 NMP/100ml tienen I COL. TOLT = 0

I. Oxígeno mayores a 100% tienen I. Oxígeno %= 0

7.4.3 Índice de contaminación por sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Dado que los sólidos suspendidos no se correlacionaron con las variables anteriores, se formuló un índice particular para esta variable que denota procesos erosivos o efluentes con esta condición particular:

ICOSUS = $-0.02 + 0.003 \text{ Sólidos suspendidos}(mg/L)$.

Sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L tienen ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos menores a 10 mg/L tienen ICOSUS = 0

7.4.4 Índice de contaminación por el pH (ICOpH)

Para la formulación del índice de contaminación de pH, el ICP tomó como base el modelo presentado para esta variable en el índice de calidad de las aguas de la Fundación para la Sanidad Nacional¹². Este se modificó ligeramente por varias razones: i. Invertir la escala 0 –1 a 1-0 (calidad – contaminación). ii. Ajustar un ICO de 0 a un PH neutro ;iii. Ajustar los valores entre el extremo exterior y el promedio.

El ICOpH describe una campana invertida en la cual los valores superiores o inferiores de la neutralidad, incrementa el nivel de contaminación. El rango de variación natural promedio es de dos unidades (1.95) de PH, lo que señala que aproximadamente entre pH 6 y 8 (tomando como base el pH neutro = 7, es una condición perfectamente natural de las aguas.

Tal variación natural se hay tenido en cuenta a la hora de la formulación del índice, de tal modo que cambios en esta variable alrededor de dicho rango, no revisten deterioro en su condición. Su cálculo es:

$$\text{ICOPH} = \frac{e^{-31.08+(3.45*ph)}}{1 + e^{-31.08+(3.45*ph)}}$$

Si pH menor a 7 entonces pH =14-pH; en la fórmula anterior.

¹

² INSF, MOPT 1992

Este índice fue calculado en el estudio pero no se evaluó ni se graficó porque nunca registró valores de contaminación.

7.4.5 Índice de contaminación por temperatura (ICOTEM)

En las plantas de la VIT no se realiza ningún proceso de transformación, ni se utilizan equipos que implique generar vertimientos con temperaturas altas, razón por la cual no se calculó este índice.

7.4.6 Condición de aceptación del vertimiento (C.A.)

En el estudio se calculó el C.A para determinar la capacidad que tiene el cuerpo receptor para recibir el vertimiento aportado por la planta. Para este análisis se tuvo en cuenta el caudal del cuerpo y el del vertimiento.

La dilución no debe sobrepasar un valor de 0,4 en el (ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOPH) del cuerpo receptor, partiendo del supuesto de un ICO igual a cero en este último.

$$C.A = \frac{Q_{\text{vertimiento}} * ICO_{\text{vertimiento}}}{Q_{\text{aguas.arriba}} + Q_{\text{vertimiento}}} \quad 0.4 \text{ Donde:}$$

C.A = Condición de aceptación del vertimiento.

Q = Caudal.

ICO = Índice de contaminación a evaluar.

Cuando el cuerpo receptor recibe múltiples vertimientos se puede producir un deterioro significativo en la calidad del cuerpo y en particular en aquellos de bajo caudal, la autoridad ambiental podrá exigir mayores restricciones en variables específicas a los usuarios con más alta carga de contaminación.

Bajo diversas situaciones si el usuario no puede cumplir con el valor de 0,4 en el ICO ó con la concentración de referencia establecida en el decreto 1594/84, dicho usuario deberá revisar las condiciones operacionales del proceso ó investigar las tecnologías existentes para tratar de manera suficiente dicho vertimiento, y establecer conjuntamente con la autoridad ambiental si la carga del contaminante en el vertimiento resulta aceptable, de acuerdo con la norma y la importancia del cuerpo receptor.

8. RESULTADOS

8.1 ABREVIATURAS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

- CDTVD = conductividad.
- S. DSTS = Sólidos disueltos.
- GYA = Grasas y aceites.
- O.DISUELTO = Oxígeno disuelto.
- S.TLS = Sólidos totales.
- TEMP = temperatura.
- DQO = Demanda química de oxígeno.
- S.SPDS = Sólidos suspendidos.
- DBO = Demanda bioquímica de oxígeno.
- HIDR.T= Hidrocarburos totales.
- HIDR.PET = Hidrocarburos petrogénicos.
- SAAM = Tenso activos o detergentes.
- HAP = Hidrocarburos aromáticos poli nucleares.
- DT= Dureza total.

8.2 SELECCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Para seleccionar los parámetros a las entradas, salidas de los separadores y cuerpos receptores de las seis plantas evaluadas se eliminaron parámetros que no fueron estadísticamente significativos con base en los siguientes criterios:

- a. Variables que no mostraron variabilidad en sus registros, es decir que exhibían una misma concentración en todos los monitoreos.
- b. Variables no detectables, debido a que no corresponden a la composición físicoquímica de los productos que maneja ECOPETROL.
- c. Variables en que se encontraron pocos datos respecto al total de las plantas evaluadas.
- d. Variables compuestas: Los laboratorios suelen dar información de variables tales como: dureza de calcio, dureza de magnesio, dureza carbonácea y dureza total; dado que esta última es la suma de las tres anteriores, conviene su eliminación.

Cuadro 18. Parámetros eliminados de las plantas que manejan crudos

ENTRADA AL SEPARADOR		SALIDA DEL SEPARADOR	
API		API	
Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables	Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables
Sulfuros	Cromo	Sulfuros	Cromo
Acidez	Mercurio	Acidez	Mercurio
Fosfatos	Plomo	Fosfatos	Plomo
Sulfatos	Cobre	Sulfatos	Cobre
Nitritos	Vanadio	Nitritos	Vanadio
Dureza total	Molibdeno	Dureza total	Molibdeno
Turbidez	Níquel	Turbidez	Níquel
	Cadmio	Fenoles	Cadmio
	Saam	Hidr. petrogénicos	
	Nitratos		
	Turbiedad		

Cuadro 19. Parámetros eliminados de las plantas que manejan refinados

ENTRADA AL SEPARADOR		SALIDA DEL SEPARADOR	
API		API	
Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables	Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables
S.disueltos	Arsénico	S.disueltos	Arsénico
S.sedimentables	Bario	S.sedimentables	Bario
Sulfatos	Cadmio	Sulfatos	Cadmio
Turbiedad	Cobre	Turbiedad	Cobre
Alcalinidad total	Mercurio	Alcalinidad total	Mercurio
Dureza total	Plomo	Dureza total	Plomo
Cloro	Selenio	Cloro	Selenio
Hierro total	Vanadio	Hierro total	Vanadio
Nitratos	Nitritos	Nitratos	Nitritos
SAAM	Zinc	SAAM	Zinc
	Molibdeno	HAP	Molibdeno

Cuadro 20 Parámetros eliminados de los cuerpos receptores de las plantas de crudos

AGUAS ARRIBA QUEBRADAS		AGUAS ABAJO QUEBRADAS	
Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables	Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables
Sulfuros	Nitritos	Sulfuros	Nitritos
Fosfatos	Hidrocarburo petrogénico	Acidez	Fenoles
Sulfatos	Mercurio	Fosfatos	Plomo
	Hidrocarburo total	Sulfatos	Cromo
	Plomo		HAP
	Cromo		Cadmio
	HAP		Cobre
	Cadmio		Vanadio
	Cobre		Molibdeno
	Níquel		Níquel

Cuadro 21. Parámetros eliminados de los cuerpos receptores de las plantas de refinados.

AGUAS ARRIBA QUEBRADA		AGUAS ABAJO QUEBRADA	
Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables	Parámetros con menos de tres datos	Parámetros No Detectables
S. sedimentables	Arsénico	S. sedimentables	Arsénico
Turbiedad	Bario	Turbiedad	Bario
Alcalinidad	Cobre	Alcalinidad	Cobre
Dureza	Mercurio	Dureza	Mercurio
Cloro	Selenio	Cloro	Selenio
Fosfatos	Plomo	Fosfatos	Plomo
Cadmio	Cromo	Cadmio	Cromo
Hierro total	Cadmio	Hierro total	Cadmio
Fenoles	Vanadio	Fenoles	Vanadio
	HAP		HAP
	Petrogénicos		H. petrogénicos
	Zinc		Nitritos
	Cromo		Nitratos

NOTA: A la salida del separador CPI, aguas arriba y aguas abajo de la quebrada Manizales, no hubo necesidad de eliminar parámetros fisicoquímicos, porque no cumplían ninguno de los criterios para ser eliminados ver numeral 8.2..

8.3 ANÁLISIS DE VARIANZA

Se aplicó el análisis de varianza a las salidas de los sistemas de tratamiento de crudos y refinados, para determinar el efecto en algunos parámetros fisicoquímicos de variables independientes como el clima y establecer las diferencias entre valores medios de concentraciones de las seis plantas evaluadas, mediante la comparación por pares.

8.3.1 Plantas que manejan crudos

Para las plantas que manejan crudos se aplicó logaritmo natural para normalizar los datos.

Como variables independientes se tuvo en cuenta el clima (invierno, verano) y las plantas (Miraflores, Araguaney, Porvenir)

Cuadro 22. Análisis de varianza para Ln de grasas y aceites

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df (1)	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F (2)	VALOR-P (3)
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	13.9658	2	6.98291	3.59	0.0334
CLIMA	10.3296	1	10.3296	5.31	0.0245
RESIDUAL	124.589	64	1.94671		
TOTAL (CORREGIDO)	154.403	67			

(1) DF: Grados de libertad.

(2) RELACIÓN F: Probabilidad o estadística de Fisher.

(3) VALOR P: Probabilidad.

El cuadro de análisis de varianza para Ln de grasas y aceites muestra la variabilidad de este parámetro debida a los factores planta y clima. La contribución de cada factor se ha medido eliminando los efectos del otro factor. para ese caso los dos valores P son menores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores tienen un efecto estadístico significativo en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

Para las evaluaciones de rango múltiple se utilizó el método LSD (*Least Significant Difference*- Diferencia menos significativa) de Fisher. Con este método existe un 5% de riesgo de obtener una diferencia, entre dos valores que realmente son iguales.

Cuadro 23. Evaluación de rango múltiple para ln de grasas y aceites por planta.

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
ARAGUANAY--ARA	21	0.14839	X
MIRAFLORES--MIR	24	0.93754	XX
PORVENIR--POR	23	1.27082	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
MIR-ARA		0.78915	0.832873
MIR-POR		-0.333282	0.813331
ARA-POR		*-1.12243	0.84128

* Denota una diferencia estadística significativa.

Este cuadro aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles valores medios son diferentes significativamente de otros. La parte baja del cuadro muestra diferencias de valores medios, en los renglones que se coloca un asterisco significa que hay una diferencia estadística con un nivel de confianza de un 95%.

Por consiguiente las concentraciones de grasas y aceites de la planta Araguaneay difieren significativamente de las concentraciones de grasas y aceites encontradas en la planta Porvenir y Miraflores, porque las condiciones de operación son diferentes.

Cuadro 24. Análisis de varianza para In de DQO

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	35.8605	2	17.9303	22.30	0.0000
CLIMA	0.493717	1	0.493717	0.61	0.4361
RESIDUAL	52.2601	65	0.804002		
TOTAL (CORREGIDO)	88.1465	68			

Para el caso la variable planta muestra una P menor que 0.05 por lo cual se concluye que este factor tiene un efecto estadísticamente significativo en el comportamiento de DQO, con un nivel de confianza del 95%.

El clima no tiene efectos significativos en las concentraciones de DQO de las plantas de crudos.

Cuadro 25. Evaluación de rango múltiple para In de DQO por planta.

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
ARAGUANEY--ARA	21	1.96256	X
PORVENIR—POR	24	3.39217	X
MIRAFLORES--MIR	24	3.66179	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
MIR-ARA		*1.69923	0.535092
MIR-POR		0.269625	0.516948
ARA-POR		*-1.42961	0.535092

* Denota una diferencia estadística significativa.

Este cuadro aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles valores medios son diferentes significativamente de otros.

Cuadro 26. Análisis de varianza para In de hidrocarburos totales

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	1.36146	2	0.680728	0.36	0.6975
CLIMA	2.61968	1	2.61968	1.40	0.2424
RESIDUAL	107.027	57	1.87766		
TOTAL (CORREGIDO)	11.698	60			

Para el caso de planta y clima el valor P es mayor de 0.05 por lo cual se concluye que no hay un efecto significativo en las concentraciones de hidrocarburos totales encontradas.

Cuadro 27. Evaluación de rango múltiple para In de hidrocarburos totales por planta.

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
ARAGUANEY--ARA	19	-0.546041	X
PORVENIR- POR	21	-0.251332	X
MIRAFLORES- MIR	21	-0.195726	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
MIR-ARA		0.350316	0.868796
MIR- POR		0.0556059	0.846797
ARA-POR		-0.29471	0.868796

* Denota una diferencia estadística significativa.

Este cuadro aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles valores medios son diferentes significativamente de otros.

8.3.2. Plantas que manejan refinados

Para las plantas que manejan refinados no se aplicó logaritmo natural porque los datos presentaban una distribución normal.

Como variables independientes se tuvo en cuenta la época (año del monitoreo) y la planta, porque los muestreos fueron realizados en la misma estación climática.

Cuadro 28 análisis de varianza para grasas y aceites

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	357.357	2	178.678	0.86	0.4310
EPOCA	596.733	4	149.183	0.72	0.5838
RESIDUAL	6827.92	33	206.907		
TOTAL (CORREGIDO)	7863.85	39			

Para este caso los dos valores P son mayores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores no tienen un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

Para las evaluaciones de rango múltiple se utilizó el método LSD (*Least Significant Difference*- Diferencia menos significativa) de *Fisher*. Con este método existe un 5% de riesgo de obtener una diferencia entre dos valores que realmente son iguales.

Cuadro 29. Evaluación de rango múltiple para grasas y aceites por planta.

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
SALGAR - SAL	24	8.3274	X
MANIZALES – MZL	8	16.2901	X
MANSILLA - MAN	8	12.0054	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MZL		-7.96273	11.9474
SAL-MAN		-3.678	11.9474
MZL-MAN		4.28473	14.6325

* Denota una diferencia estadística significativa.

Este cuadro aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles valores medios son diferentes significativamente de otros.

No hay diferencia mínima significativa

Cuadro 30. Análisis de varianza para DQO plantas de refinados

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	130091.0	2	65045.6	11.39	0.0021
EPOCA	308985.0	4	77246.3	13.53	0.0003
RESIDUAL	62796.6	11	5708.78		
TOTAL (CORREGIDO)	400427.0	17			

Para este caso los dos valores P son menores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores tienen un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 31. Evaluación de rango múltiple para DQO por planta. plantas de refinados

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
SALGAR – SAL	7	-221.96	X
MANIZALES—MZL	3	249.807	X
MANSILLA MAN	8	217.04	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MZL		*-471.767	114.757
SAL-MAN		*-439.0	86.068
MZL-MAN		32.7667	112.585

* Denota una diferencia estadística significativa.

Para este caso la planta Puerto Salgar es la que muestra diferencias con las otras dos plantas con un nivel de confianza de un 95%.

Cuadro 32. Análisis de varianza para hidrocarburos totales plantas de refinados

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	42.9219	1	42.9219	1.90	0.1829
EPOCA	45.8065	4	11.4516	0.51	0.7305
RESIDUAL	450.877	20	22.5438		
TOTAL (CORREGIDO)	593.068	25			

Para este caso los dos valores P son mayores que 0.05 por lo cual se concluye que ningún factor tiene un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

No se incluyó la planta Manizales porque no se disponía de los datos.

Cuadro 33. Evaluación de rango múltiple para hidrocarburos totales por planta.

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
SALGAR – SAL	8	0.2335	X
MANSILLA—MAN	18	4.016	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MAN		3.7825	4.2085

* Denota una diferencia estadística significativa.

No existe una diferencia significativa entre las plantas en las concentraciones de hidrocarburos.

8.3.3 Análisis conjunto de varianzas para plantas de crudos y refinados

Con el fin de establecer si existen diferencias ó similitudes entre el comportamiento de las concentraciones de las plantas de crudos y las de refinados, se realizó un análisis de varianza uniendo las salidas del sistema de tratamiento.

Para hacer comparables los resultados, se aplicó logaritmo natural tanto a los valores de concentraciones de las plantas de crudos, como a los de refinados.

Cuadro 34. Análisis de varianza para grasas y aceites (Crudos y Refinados)

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	52.1521	5	10.4304	7.36	0.0000
EPOCA	55.7008	4	13.9252	9.82	0.0000
RESIDUAL	126.148	89	1.4174		
TOTAL (CORREGIDO)	247.187	98			

Para este caso los dos valores P son menores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores tienen un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

**Cuadro 35. Evaluación de rango múltiple para grasas y aceites por planta
(Crudos y Refinados)**

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
SALGAR – SAL	15	1.69734	X
MANSILLA MAN	9	1.88384	X
MANIZALES—MZL	8	1.20967	XX
MIRAFLORES – MIR	24	0.557689	X
ARAGUANAY – ARA	20	-0.535816	X
PORVENIR – POR	23	0.839329	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MAN		-0.186498	0.997422
SAL-MZL		0.487668	1.03565
SAL-MIR		*1.13965	0.778612
SAL- ARA		*2.23316	0.808004
SAL - POR		*0.858012	0.785095
MAN - MZL		0.674166	1.14947
MAN - MIR		*1.32615	0.924635
MAN ARA		*2.41966	0.949517
MAN POR		*1.04451	0.9301
MZL – MIR		0.651984	0.965749
MZL - ARA		*1.74549	0.989599
MZL - POR		0.370344	0.970984
MIR ARA		*1.0935	0.716219
MIR - POR		-0.28164	0.690271
ARA - POR		*-1.37515	0.723262

*Denota una diferencia estadística significativa.

El cuadro anterior muestra diferencia significativa para las plantas de Puerto Salgar y Mansilla para las concentraciones de grasas y aceites

Cuadro 36. Análisis de varianza para DQO (Crudos y Refinados)

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	476.033	5	95.2066	2.90	0.0185
EPOCA	678.59	4	169.647	5.17	0.009
RESIDUAL	2659.75	81	32.8392		
TOTAL (CORREGIDO)	3734.75	90			

Para este caso los dos valores P son menores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores tienen un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 37. Evaluación de rango múltiple para DQO por planta (Crudos y Refinados)

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGENEOS
SALGAR – SAL	3	4.27805	XXX
MANSILLA MAN	4	5.75004	XXX
MANIZALES—MZL	16	8.44856	X
MIRAFLORES – MIR	24	5.0885	XX
ARAGUANAY – ARA	20	0.707409	X
PORVENIR – POR	24	4.42866	X
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MAN		-1.47199	8.70843
SAL-MZL		-4.17052	7.17361
SAL-MIR		-0.810456	6.98228
SAL- ARA		3.57064	7.05943
SAL - POR		-0.150616	6.98228
MAN - MZL		-2.69852	6.37392
MAN - MIR		0.661535	6.15779
MAN ARA		5.04263	6.24514
MAN POR		1.32137	6.15779
MZL – MIR		3.36006	3.67998
MZL - ARA		*7.74115	3.82435
MZL - POR		*4.0199	3.67998
MIR ARA		*4.38109	3.45213
MIR - POR		0.659839	3.29148
ARA - POR		*-3.72125	3.45213

* Denota una diferencia estadística significativa.

La planta Manizales mostró diferencia significativa con todas las plantas de crudos, con un nivel de confianza de un 95%.

Cuadro 38. Análisis de varianza para hidrocarburos totales (Crudos y Refinados)

FUENTE	SUMATORIA DE CUADRADOS	Df	MEDIA DE CUADROS	RELACION-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
PLANTA	28.6272	4	7.15687	4.83	0.0017
EPOCA	60.0041	4	15.001	10.12	0.0000
RESIDUAL	102.323	69	1.48295		
TOTAL (CORREGIDO)	200.359	77			

Para este caso los dos valores P son menores que 0.05 por lo cual se concluye que ambos factores tienen un efecto significativo estadístico en el comportamiento de grasas y aceites, con un nivel de confianza del 95%.

**Cuadro 39. Evaluación de rango múltiple para hidrocarburos totales por planta
(Crudos y Refinados)**

PLANTA	CANTIDAD	MEDIA LS	GRUPOS HOMOGÉNEOS
SALGAR – SAL	9	0.762453	X
MANSILLA MAN	9	0.876724	X
MIRAFLORES – MIR	21	-0.245029	X
ARAGUANAY – ARA	18	-1.09478	X
PORVENIR – POR	21	-0.393618	XX
COMPARACIÓN		DIFERENCIA	LIMITE (+/-)
SAL-MAN		-0.11427	1.14522
SAL-MIR		*1.00748	0.967886
SAL- ARA		*1.85723	0.991788
SAL - POR		*1.15607	0.967886
MAN - MIR		*1.12175	0.967886
MAN ARA		*1.9715	0.991788
MAN POR		*1.27034	0.967886
MIR ARA		*0.84975	0.780335
MIR - POR		0.148589	0.749721
ARA - POR		*-0.701161	0.780335

* Denota una diferencia estadística significativa.

En los monitoreos de la salida del sistema de tratamiento no se encontraron suficientes datos de hidrocarburos totales, por lo cual se eliminó automáticamente la variable de la Planta Manizales.

La parte baja del cuadro muestra las diferencias de valores medios, en los renglones que se coloca un asterisco significa que hay una diferencia estadística con un nivel de confianza de un 95%.

8.4 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Se realizó el análisis de correlación por plantas entre los parámetros de salida del sistema de tratamiento, tanto para plantas de crudos como de refinados.

8.4.1. Plantas que manejan crudos

Cuadro 40. Correlaciones salida API (planta Miraflores)

	DQO	S. DSTS	DT	PH	SAAM	TEM	S.TLS	S.SPDS	DBO	HIDR.T
ALCALINIDAD	0.72	0.73	0.71	-0,71	-0,72	0.83				
CLORUROS							0.81	0.73		
DBO	0.70									
DQO				-0,84	-0,71	0.84			0.70	
DUREZA T				-0,73		0.88				0.78
GRASAS Y ACEITES					0.84					
HIDR.TOTAL								0.73		
PH					0.74					

Cuadro 41. Correlaciones salida API (planta Araguaney)

	O.DISUELTO	TURBIEDAD	DQO	FENOLES	PH	TEM	DUREZA	GYA	HIDR.T	SAAM	S.TLS	HAP
CLORUROS	-0,76	-0,93										
DBO			0.76	-0,71	0.74	0.74						
DQO	0.70				0.74							
S.DSTS	-0,76						0.90	-0,94	-0,76	-0,73	0.98	
DUREZA.T								-0,9	-0,72		0.92	
FENOLES						-0,97						0.83
GYA		0.73							0.77	0.76	-0,95	
HAP						-0,8						
O.DISUELTO		0.87									-0,77	
SAAM											-0,79	
S. TLS		-0,74										

Cuadro 42. Correlación a la salida del API (planta el Porvenir)

PARAMETRO	S.DSTS	DUREZA	S.TLS	DQO	HIDR.PET	TEMP	TBED
CLORUROS	0.93	0.85	0.91				
DBO				0.78			
S.DST		0.88	0.99				
DUREZA T			0.87				
HAP					0.70		
HIDR. PETROGE						0.82	
O. DISUELTO			-0,69				
S.SPD							0.76

Cuadro 43. Correlaciones salida de los separadores API plantas de crudos

	S.DSTS	DUREZA	S.TLS
S.DSTS		0.76	0.98
S.TLS	0.98	0.77	
CL	0.77		0.76
DUREZAT	0.76		0.77

Se presentaron correlaciones positivas significativas entre las siguientes variables: sólidos totales, sólidos disueltos, cloruros y dureza, lo cual resulta explicable dado que la dureza refleja la mineralización de las aguas, al conjugar los cationes sodio, y cloruros principalmente.

8.4.2 Plantas que manejan refinados

Cuadro 44. Correlaciones salida API (planta Mansilla)

	S.DSTS	O.DISUELTO	CDTVD	FENOLES	DQO	S.SPD	GYA	S.TLS	TEMP
CDTVD	0.99	-0,88							
S.DSTS			0.99						
GYA	-0,72			-0,95					0.76
O.DISUELTO	-0,87		-0,88		0.85				
PH									
S.TLS						-0,71			
TEMP							0.76		
DQO								-0,85	
FENOLES									-0,75
S. SPD								-0,71	

Cuadro 45. Correlaciones salida del CPI (planta Manizales)

	DQO	FENOLES	CDTV	S.DST	GYA	O. DISUELTO	PH	TEMP	S.TLS
CDTV	-0,73								
S.DSTS		-0,97			-0,8	-0,95	-0,8		
DQO			-0,73					-0,71	
FENOLES				-0,97	0,79	0,97	0,79		
GYA		0,79		-0,78					
O.DISUELTO		0,97		-0,95			0,90	-0,83	0,78
PH		0,79		-0,78				-0,85	0,93
TEMP		-0,71				-0,83	-0,9		
S.TLS						0,78	0,93		

Cuadro 46. Correlaciones de la salida piscina planta puerto Salgar

	FENOLES	CDTV	S.DST	DQO	GYA	O.DISUELTO	PH	S.SPD	TEMP	S.TLS
CDTV	-0,87				0.87	-0,89	0.75			
FENOLES		-0,87			-0,95	0.98	-0,8			0.70
GYA	-0,95	0.87				-0,98	0.86			
O.DISUELTO	0.98	-0,89			-0,98		-0,9			0.75
PH	-0,84	0.75			0.86	-0,9				-0,92
S.SPD			0.90						-0,71	
S.TLS	0.70					0.75	-0,9			
TEMP			-0,71	-0,91				-0,71		
S.DST								0.90	-0,71	
DQO									-0,91	

NOTA: En la unión de los datos de las salidas de los separadores API de los refinados no se presentaron valores de correlación superiores a 0.6 en ninguno de los parámetros, lo que indica que no hay correlación entre variables y esto fue debido a la cantidad insuficiente de datos disponibles.

8.5 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES SALIDAS DE LOS SEPARADORES API

8.5.1 Plantas que manejan crudos.

- Planta (1) Miraflores.
- Planta (2) Araguaney.
- Planta (3) Porvenir.

VARIABLES SELECCIONADAS: planta (1),(2).(3)

VARIABLES:

1. Alcalinidad
2. Cloruros
3. DBO
4. DQO
5. Dureza total
6. Fenoles
7. Grasas y aceites
8. HAP
9. Hidrocarburos petrogenicos
10. Hidrocarburos totales
11. Oxigeno disuelto
12. PH
13. Saam
14. Sólidos disueltos
15. Sólidos suspendidos
16. Sólidos totales
17. Turbiedad
18. Temperatura

Datos ingresados: observaciones

Numero completo de casos: 32

Estandarizados: sí

Número de componentes extractados: 6

Cuadro 47. Análisis de componentes principales (plantas de crudos)

NUMERO DE COMPONENTES	VALOR PROPIO	PORCENTAJE DE VARIANZA	PORCENTAJE ACUMULATIVO
1	4.66	23.32	23.32
2	2.41	12.08	50.46
3	1.48	7.41	68.01
4	1.39	6.95	74.96
5	0.99	4.99	79.96
6	0.95	4.76	84.73
7	0.7	3.53	88.27
8	0.61	3.09	91.36
9	0.49	2.45	93.81
10	0.38	1.91	95.73
11	0.31	1.55	97.28
12	0.23	1.17	98.46
13	0.14	0.73	99.19
14	0.09	0.48	99.67
15	0.05	0.29	99.96
16	0.004	0.02	99.99
17	0.001	0.006	99.99
18	0.002	0.001	100

Cuadro 48. Componentes Principales (plantas de crudos)

	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP	COMP
	1	2	3	4	5	6
ALCALINIDAD	0.1	-0.18	-0.14	0.14	0.48	-0.36
CLORUROS	0.42	-0.09	0.01	-0.12	0.013	0.04
DBO	0.09	0.14	0.25	0.23	-0.02	-0.6
DQO	0.13	0.31	-0.07	0.19	-0.29	-0.29
DUREZA T	0.31	-0.2	-0.17	-0.02	0.18	0.14
FENOLES	0.37	0.15	0.15	0.06	0.1	-0.12
GRASAS Y ACEITES	-0.1	0.37	-0.16	-0.01	0	0.17
HAP	0.04	0.18	0.19	0.47	0.23	0.31
HIDR.PETROGENICO	0.02	0.23	0.28	0.33	0.35	0.32
HIDR.TOTAL	0.19	0.02	-0.005	-0.04	-0.23	0.01
OXIGENO DISUELTO	-0.26	-0.28	-0.02	0.02	0.13	0.09
PH	-0.04	-0.22	-0.16	0.13	0.36	-0.24
SAAM	0.2	0.056	0.2	0.14	-0.19	0.07
S.DISUELTOS	0.43	-0.09	-0.06	-0.11	0.016	0.1
S.SUSPENDIDOS	-0.02	0.17	-0.46	0.2	-0.09	0.1
S.TOTALES	0.43	-0.06	-0.13	-0.07	0	0.1
TURBIEDAD	-0.05	0.17	-0.41	0.26	-0.08	-0.12
TEMPERATURA	-0.05	0.06	0.45	-0.26	0.01	-0.09

PLANTAS DE CRUDOS

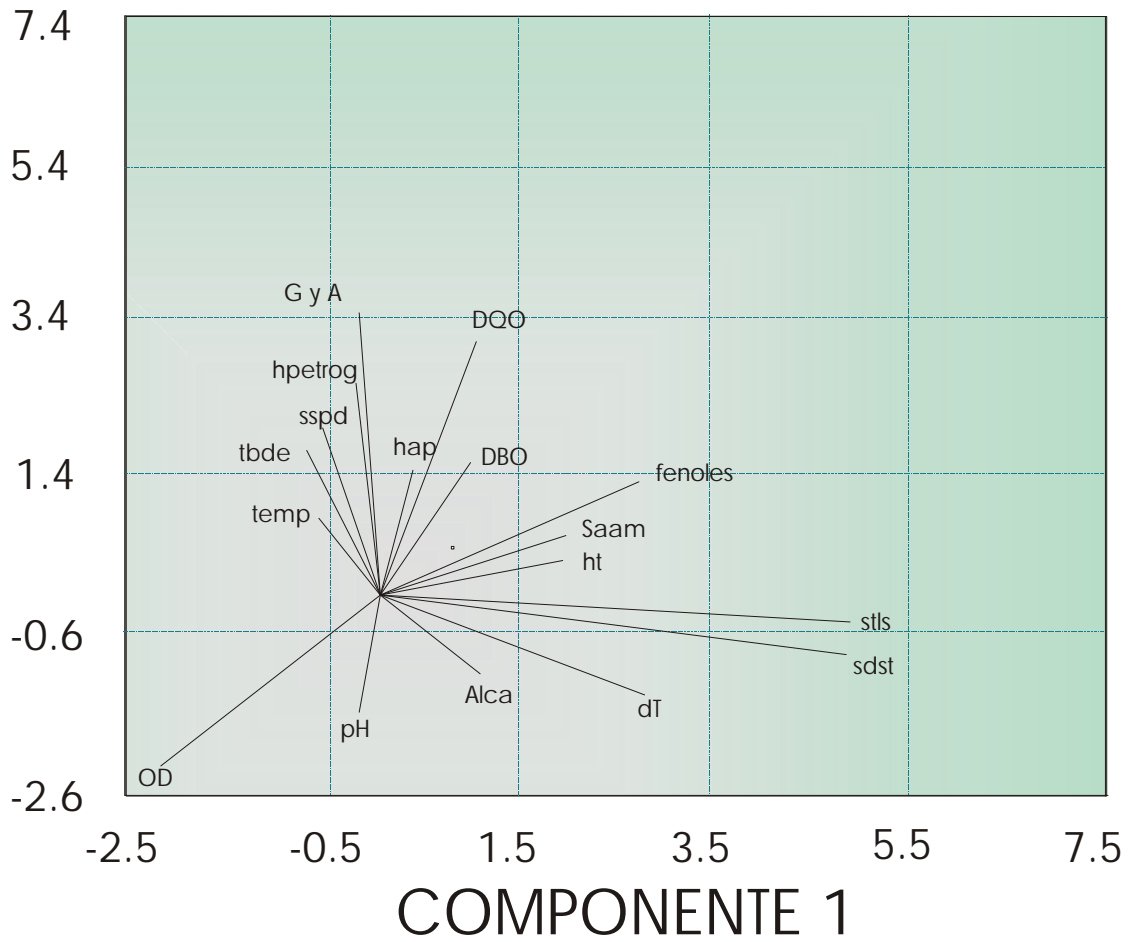


Figura 2. Distribución de las variables fisicoquímicas en los componentes principales (plantas de crudos).

8.5.2 Plantas que manejan refinados

- Planta (1) Puerto Salgar.
- Planta (2) Manizales.
- Planta (3) Mansilla.

Variable seleccionada: Planta (1), (2),(3).

Variables:

1. Conductividad
2. DQO
3. Fenoles
4. Grasas y aceites
5. Oxigeno disuelto
6. PH
7. Sólidos disueltos
8. Sólidos totales
9. Sólidos suspendidos

Datos ingresados : observaciones.

Número completo de casos : 19

Estandarizados : sí

Numero de componentes extractados : 3

Cuadro 49. Análisis de componentes principales (plantas de refinados)

NUMERO DE COMPONENTES	VALOR PROPIO	PORCENTAJE DE VARIANZA	PORCENTAJE ACUMULATIVO
1	4.36	48.44	48.44
2	1.36	15.21	63.66
3	1.22	13.59	77.26
4	0.85	9.44	86.7
5	0.66	7.43	94.14
6	0.28	3.16	97.3
7	0.19	2.19	99.5
8	0.02	0.32	99.83
9	0.01	0.16	100

Cuadro 50.Componentes principales (plantas de refinados)

TABLA DE COMPONENTES PESADOS			
	COMPONENTE(1)	COMPONENTE(2)	COMPONENTE(3)
CONDUCTIVIDAD	0.39	-0.16	0.34
DQO	0.24	0.41	-0.56
FENOLES	0.07	-0.62	-0.41
GRASAS Y ACEITES	0.4	-0.03	-0.4
O.DISUELTO	-0.14	0.56	-0.14
PH	-0.22	0.13	0.29
S.DSTS	0.4	0.24	0.19
S.TLS	0.44	0.01	0.23
S.SPD	0.42	0.05	0.13

PLANTAS DE REFINADOS

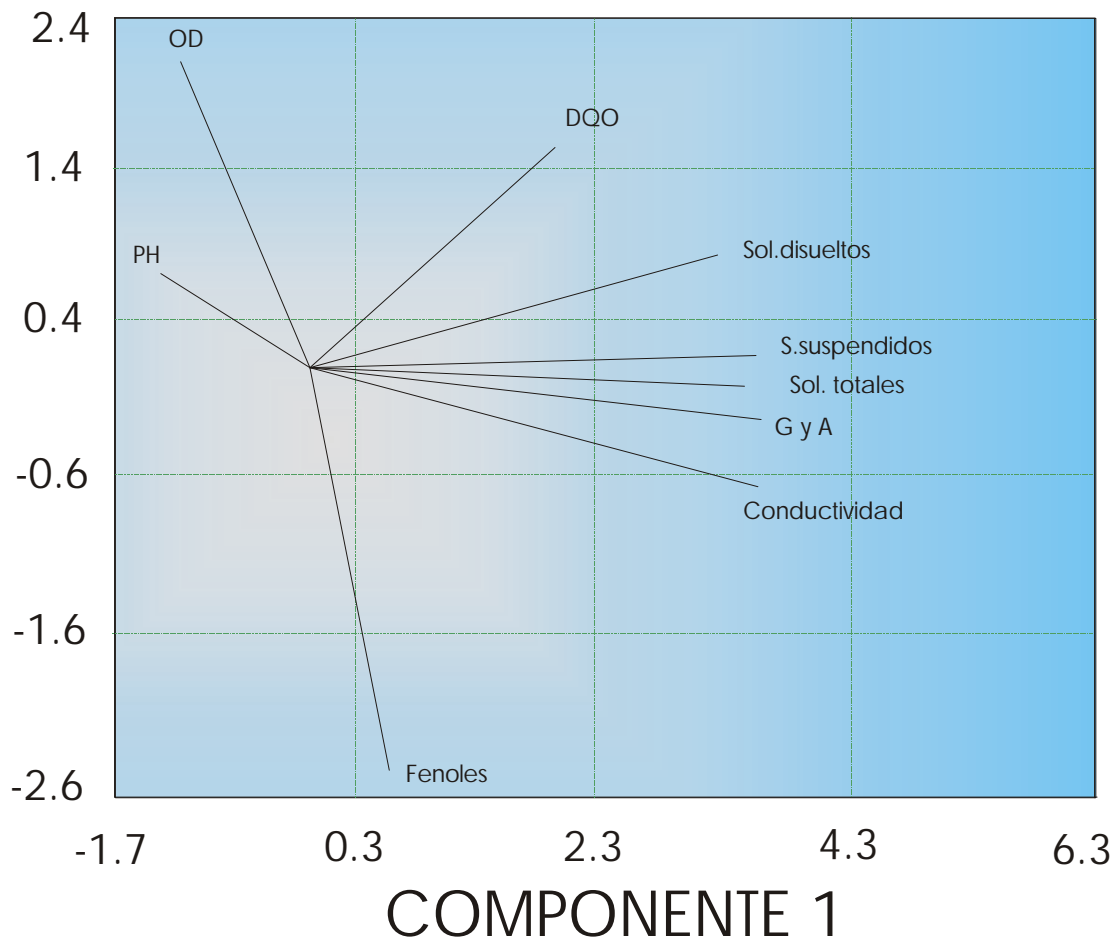


Figura 3. Distribución de las variables fisicoquímicas en los componentes principales (plantas de refinados).

8.7 CUADROS DE PARETO

Cuadro 51. Pareto con frecuencias acumulativas por rango de DQO

Rango log10DQO	Frecuencia	Frec. relativa	Frec. Acumulativa	valor inferior DQO	valor superior DQO
1,5-2,0	36	0,396	0,396	31,62	100,00
1,0-1,5	25	0,275	0,670	10,00	31,62
0-0,5	14	0,154	0,824	1,00	3,16
0,5-1,0	12	0,132	0,956	3,16	10,00
2,0-2,5	2	0,022	0,978	100,00	316,23
2,5-3,0	2	0,022	1,000	316,23	1000,00
	91	1,000			

Este cuadro muestra la frecuencia de ocurrencia de los 91 valores disponibles de DQO para crudos y refinados. Los rangos se agruparon de acuerdo con la frecuencia, ubicando el rango en el que se presentaron mayor cantidad de valores primero. El rango de DQO de 31.62 a 100 (mg/L), con una frecuencia de 36, representa el 39.6 % del total.

Cuadro 52 Pareto con frecuencias acumulativas por rango de Hidrocarburos Totales

(HT)

Rango LnHT	Frecuencia	Frec. relativa	Frec. Acumulativa	valor inferior HT	valor superior HT
-1 0	43	0,42574257	0,426	0,368	1,000
0-1	22	0,21782178	0,644	1,000	2,718
-3 -2	15	0,14851485	0,792	0,050	0,135
1-2	6	0,05940594	0,851	2,718	7,389
-2 -1	5	0,04950495	0,901	0,135	0,368
2-3	5	0,04950495	0,950	7,389	20,086
3-4	4	0,03960396	0,990	20,086	54,598
-4 -3	1	0,00990099	1,000	0,018	0,050
101		1,000			

Este cuadro muestra la frecuencia de ocurrencia de los 101 valores disponibles de HT para crudos y refinados. Los rangos se agruparon de acuerdo con la frecuencia, ubicando el rango en el que se presentaron mayor cantidad de valores primero. El rango de HT de 0.368 a 1.000 (mg/L), con una frecuencia de 43 representa el 42.6 % del total.

Cuadro 53. Pareto con frecuencias acumulativas por rango de Grasas y Aceites

Rango Ln		Frecuencia	Frec.	Frec.	valor	valor
GYA			Relativa	Acumulativa	inferior	superior
1	2	29	0,269	0,269	2,718	7,389
0	1	24	0,222	0,491	1,000	2,718
-1	0	19	0,176	0,667	0,368	1,000
2	3	15	0,139	0,806	7,389	20,086
3	4	9	0,083	0,889	20,086	54,598
-3	-2	8	0,074	0,963	0,050	0,135
-2	-1	4	0,037	1,000	0,135	0,368
		108	1.000			

Este cuadro muestra la frecuencia de ocurrencia de los 108 valores disponibles de GYA para crudos y refinados. Los rangos se agruparon de acuerdo con la frecuencia, ubicando el rango en el que se presentaron mayor cantidad de valores primero. El rango de GYA de 2.718 a 7.389 (mg/L), con una frecuencia de 29 representa el 26.9 % del total.

8.8 INTERVALOS DE CONFIANZA

Para el análisis de los intervalos de confianza, se tuvo en cuenta la media y la desviación estándar de los datos, para definir el rango mayor y menor en el que se espera que se encuentren los datos. Este análisis se hizo para registros de datos de los últimos cuatro años por cada parámetro fisicoquímico.

8.8.1 Cuadros de intervalos de confianza de las salidas de los separadores API (Plantas que manejan crudos)

En las salidas de los separadores API las medias más altas son las de conductividad y sólidos totales, sin embargo son valores que están dentro de los límites de la norma 1594/84.

Cuadro 54. Intervalos de confianza salida API planta Miraflores

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	43.34	0.050	38.81	47.94
DBO	9.34	0.17	6.31	13.81
DQO	42.38	6.89	27.35	57.41
HIDR. PETROGÉNICO	2.22	0.82	0.36	13.38
HIDRO. TOTAL	0.53	0.42	0.21	1.34
FENOLES	0.02	0.015	-0.006	0.006
GYA	4.28	1.13	1.81	6.75
O. DISUELTO	5.24	0.58	3.96	6.52
PH	8.55	0.21	8.07	9.03
TEMPERATURA	21.84	0.28	21.23	22.46
S. TOTALES	134.64	7.79	117.67	151.62
S. SUSPENDIDOS	33.83	5.78	21.23	46.44
S. DISUELTOS	100.808	6.69	86.23	115.38

Cuadro 55. Intervalos de confianza salida al API planta Araguaney

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	11.56	0.089	9.2	14.54
DBO	17.33	4.48	5.80	28.86
DQO	38.26	8.05	20.99	55.54
FENOLES	0.03	0.021	-0.017	0.09
GRASAS Y ACEITES	3.06	0.83	0.92	5.20
HAP	1.33	0.71	0.21	8.48
HIDR. TOTALES	1.5	0.58	0.01	3
O. DISUELTO	5.8	0.42	4.78	6.98
PH	7.38	0.33	6.5	8.25
S. SUSPENDIDOS	5.58	0.32	2.41	12.8
S. TOTALES	74.44	0.22	41.2	132.95
TEMPERATURA	31.7	2.52	25.30	38.28

Cuadro 56. Intervalos de confianza salida al API planta el Porvenir

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	23.94	4.53	14.32	33.56
CONDUCTIVIDAD	195.94	47.96	94.25	297.63
DBO	15.73	3.35	8.63	22.83
DQO	47.41	9.06	28.18	66.63
FENOLES	1.88	0.117	1.63	2.13
GRASAS Y ACEITES	1.52	0.12	1.26	1.79
HAP	0.006	0.001	0.004	0.009
HIDR. TOTAL	2.0	0.57	0.02	3
O. DISUELTO	0.32	0.15	0.006	0.65
PH	7.28	0.22	6.82	7.77
S. TOTALES	185.93	40	100	271.83
TEMPERATURA	26.54	0.57	26.42	27.39

8.8.2 Intervalos de confianza de los cuerpos receptores (Plantas que manejan crudos)

Cuadro 57. Intervalos de confianza Q. la Guamalera aguas arriba planta Miraflores

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	22.11	1.64	18.61	25.61
CDTV	79.86	7.04	64.85	94.86
DBO	6.97	2.16	2.36	11.58
DQO	16.06	4.35	6.78	25.34
O. DISUELTO	7.38	0.31	6.71	8.04
PH	7.16	0.07	7	7.33
SAAM	0.06	0.02	0.01	0.11
S.SPD	21.37	6.88	6.69	36.05
S.TLS	78.88	7.50	62.88	94.89
TEMP	19.21	1.20	16.63	21.79
GYA	2.53	0.88	0.64	4.41

Los Saam reportaron la media más baja (0.06 mg/L), está media se encuentra dentro del rango permisible del Decreto 1594/84, en el cual los Saam no deben sobrepasar los 0.14mg/L.

Cuadro 58. Intervalos de confianza Q. la Guamalera aguas abajo planta

Miraflores

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	23.90	1.81	19.60	28.20
CDTVD	78.27	8.17	58.93	97.61
DBO	6	2.77	0,55	12.55
DQO	13.37	4.25	3.32	23.42
O. DISUELTOS	7.9	0.34	7.15	8.79
PH	7.28	0.06	7.12	7.44
SAAM	0.04	0.02	0,01	0.09
S.SPД	23.87	8.88	2.86	44.88
S.TLS	75.45	12.05	46.93	103.96
TEMP	20.06	0.59	18.65	21.46
GYA	2.0	0.95	0,25	4.25
HIDR. TOTAL	0.16	0.10	0,09	0.41

Los Saam reportaron la media más baja (0.04 mg/L), está media se encuentra dentro del rango permisible del Decreto 1594/84, en el cual los Saam no deben sobrepasar los 0.14mg/L.

Cuadro 59. Intervalos de confianza Q. Pedregosa aguas arriba planta Porvenir

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
O. DISUELTO	6.65	0.26	6.04	7.26
PH	7.10	0.19	6.64	7.56
SAAM	0.04	0.01	0.01	0.08
S.SPД	26	16.54	12,15	64.15
S.TLS	45	17.04	5.68	84.31
TEMP	23.78	1.09	21.26	26.31
ALCALINIDAD	9.57	1.16	6.9	12.25
CDTV	15	2.24	9.81	20.18
DBO	2.5	0.60	1.1	3.89
DQO	8.33	2.21	3.22	13.44
GYA	3.65	0.74	1.92	5.37

La variable de sólidos totales obtuvo la media más alta (45 mg/L) , sin embargo se encuentra en un rango que no afecta ningún cuerpo hídrico.

Los Saam reportaron la media más baja (0.04 mg/L), está media se encuentra dentro del rango permisible establecido por el Decreto 1594/84, en el cual los Saam no deben sobrepasar los 0.14mg/L.

Cuadro 60. Intervalos de confianza Q. Pedregosa aguas abajo planta el Porvenir

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPEROR
ALCALINIDAD	43,92	15,53	5,9	81,95
CDTV	32,92	7,45	14,67	51,18
DBO	2,71	0,64	1,13	4,29
DQO	13	4,44	2,12	23,87
DUREZA Total	17,14	5,52	3,63	30,65
GYA	1,87	0,64	0,3	3,43
HIDR.PETR	0,36	0,06	0,2	0,52
HIDR. TOTAL	0,5	0,33	0,32	1,32
NITRATOS	0,23	0,14	0,12	0,59
O. DISUELTO	6,88	0,43	5,81	7,95
PH	6,72	0,36	5,83	7,6
SAAM	0,1	0,03	0,01	0,2
S.SPD	9,57	2,75	2,84	16,3
S.TLS	53,97	20,56	3,65	104,28
TEMP	26,42	0,95	24,09	28,76

La media más baja se registró para la variable de Saam.

8.8.3 Intervalos de confianza de las salidas de los separadores API (Plantas que manejan refinados).

En la salida de los separadores API de las plantas (Mansilla, Manizales), las medias más altas se encontraron en las variables de conductividad, sólidos disueltos y sólidos totales.

Esto indica que hay contaminación por mineralización, porque la conductividad y los sólidos sobrepasan concentraciones de 200mg/L.

En la variable de fenoles se encontró la media más baja para ambas plantas.

Cuadro 61. Intervalos de confianza de la salida de la piscina de oxidación planta**Puerto Salgar**

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CONDUCTIVIDAD	174.78	16.09	139.36	210.2
DBO	31.58	6	18.35	44.81
DQO	83.91	12.53	56.32	111.5
DUREZA TOTAL	17.51	4.58	7.41	27.6
FENOLES	0.04	0.01	0.009	0.08
O. DISUELTO	3.91	0.5	2.81	5.01
PH	7.38	0.06	7.23	7.54
S. TOTALES	167.58	12.54	139.97	195.18
S. SUSPENDIDOS	26.25	3.7	18.08	34.41
TEMPERATURA	28.76	0.61	27.4	30.11
GRASAS Y ACEITES	6.12	1.82	2.09	10.15

En el vertimiento de la piscina de oxidación, las medias más altas registradas son las de conductividad y sólidos totales, sin embargo se encuentran en un rango aceptable para ingresar al cuerpo receptor.

El parámetro de fenoles registro una media baja (0.04 mg/L) , esta media se encuentra en un rango permisible según el Decreto 1594/84.

NOTA: La planta Puerto Salgar, tiene dos separadores API , para el análisis de los intervalos de confianza se tomó la salida de la piscina de oxidación pues ese es el vertimiento final que va al cuerpo receptor.

Cuadro 62. Intervalos de confianza de la salida del separador API planta Mansilla

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTVD	220	95.79	26.24	466.24
DQO	66.81	14.49	29.55	104.07
FENOLES	0.13	0.06	0.03	0.29
GYA	15.89	6.39	0.54	32.32
O. DISUELTO	2.56	0.71	0.72	4.41
PH	6.92	0.16	6.49	7.35
S.TLS	273.66	143.92	96.3	643.63
S.SPD	32.5	11.77	2.22	62.77
TEMP	19.01	1.04	16.32	21.71

Cuadro 63. Intervalos de confianza de la salida del separador CPI planta Manizales

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTV	227.42	18.67	181.72	273.13
DQO	157.94	90.76	64.16	380.04
FENOLES	0.01	0.01	0.01	0.05
GYA	13.95	8.28	6.31	34.23
O. DISUELTO	5.59	0.93	3.29	7.89
PH	6.99	0.1	6.72	7.26
S.TLS	284.85	89.2	66.59	503.12
S.SPD	23.42	8.72	2.07	44.77
TEMP	19.42	0.99	16.98	21.87

8.8.4 Intervalos de confianza de los cuerpos receptores (Plantas que manejan refinados)

Cuadro 64. Intervalos de confianza Q. Mansillita aguas arriba planta Mansilla

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTV	37,98	0,81	35,9	40,06
DBO	8,66	3,35	0,04	17,28
DQO	17,66	5	4,8	30,53
GYA	0,3	0,14	0,06	0,66
O. DISUELTO	6,71	0,34	5,83	7,6
PH	6,53	0,26	5,86	7,21
S.SPD	8,66	3,96	1,52	18,85
TEMP	16,76	1,26	13,5	20,02

La variable con la media mas baja es la de grasas y aceites.

Cuadro 65. Intervalos de confianza Q. Mansillita aguas abajo planta Mansilla

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTV	61,1	6,74	32,06	90,13
DBO	42	7,23	10,87	73,12
DQO	76,33	9,82	34,07	118,58
GYA	0,13	0,13	0,45	0,72
O. DISUELTO	4,96	0,58	2,42	7,5
PH	6,72	0,29	5,47	7,97
S. SPD	24,66	13,69	34,24	83,57
TEMP	19,53	0,78	16,14	22,92

La variable con la media más alta es la de sólidos totales, pero se encuentra dentro de un rango permisible por la norma, lo que indica que no altera el ecosistema.

Cuadro 66. intervalos de confianza Q. Manizales aguas arriba planta Manizales.

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOIR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	172.88	97.04	135.95	481.72
CDTV	390.75	71.74	162.41	619.08
DBO	147.25	107.15	193.77	488.27
DQO	222.25	125.92	178.48	622.98
GYA	4.65	2.11	2.08	11.38
O. DISUELTO	4.63	1.08	1.17	8.09
PH	8.23	0.57	6.39	10.06
S.SPDS	234	122.06	154.45	622.45
TEMP	17.52	0.63	15.5	19.54

Cuadro 67. Intervalos de confianza Q. Manizales aguas abajo planta Manizales

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOIR	LIMITE SUPERIOR
ALCALINIDAD	146.48	68.01	28.34	321.32
CDTV	423.16	51.78	290.04	556.28
O. DISUELTO	5.17	0.67	3.43	6.91
PH	7.01	1.14	4.05	9.96
S.SPD	192.16	82.41	19.68	404.01
TEMP	19.33	0.5	18.03	20.63
DBO	251.58	81.46	42.17	460.99
DQO	370.18	107.45	93.96	646.4
DUREZA T	141.92	47.74	19.2	264.64
GYA	5.69	1.52	1.77	9.6

La variable de oxígeno disuelto reportó la media más baja (5.17 mg/L), sin embargo está media se encuentra dentro del rango permisible establecido por del Decreto 1594/84, en el cual, el oxígeno disuelto debe sobrepasar los 5.00mg/L.

Cuadro 68. Intervalos de confianza Q. el Guanabano aguas arriba planta Puerto Salgar.

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTV	368.5	73.58	198.8	538.19
DBO	9.72	4.14	0.16	19.27
DQO	24	8.36	4.7	43.29
GYA	1.85	0.9	0.23	3.93
O. DISUELTO	6.46	0.56	5.16	7.76
PH	7.74	0.18	7.31	8.16
SAAM	0.14	0.04	0.035	0.25
S.SPD	12.77	4.08	3.34	22.2
TEMP	26.72	1.09	24.2	29.24

La variable de Saam reportó la media más baja (0.14 mg/L), sin embargo está media se encuentra dentro del rango permisible establecido por del Decreto 1594/84, en el cual, el Saam no debe sobrepasar los 0.14mg/L.

Cuadro 69 Intervalos de confianza Q. el Guanabano aguas abajo planta Puerto

Salgar.

	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
CDTV	276.92	119.28	54.27	608.1
DBO	17.8	7.06	1.82	37.42
DQO	37	12.88	1.22	72.77
GYA	0.22	0.13	0.15	0.59
O. DISUELTO	5.06	1.01	2.23	7.88
PH	7.55	0.3	6.71	8.39
SAAM	0.2	0.04	0.08	0.32
S. SPD	8.2	3.58	1.74	18.14
TEMP	28.62	0.35	27.62	29.61

8.9 CUADROS Y FIGURAS DE INDICES DE CONTAMINACIÓN PROPUESTOS POR EL ICP Y MINAMBIENTE PARA LOS CUERPOS RECEPTORES (PLANTAS DE CRUDOS)

Cuadro 70. Índices de Contaminación ICO Planta Araguaney

A. abajo Q El turrón					A. arriba Q. El turrón				
EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
2	0.02	0.17	0.01	0	2				
3	0.07	0.3	0	0	3	0.01	0.74	0	0.

Aguas arriba, se presento contaminación por materia orgánica en el año 1998 (época 3).

Ver figuras 4, 5 y 6.

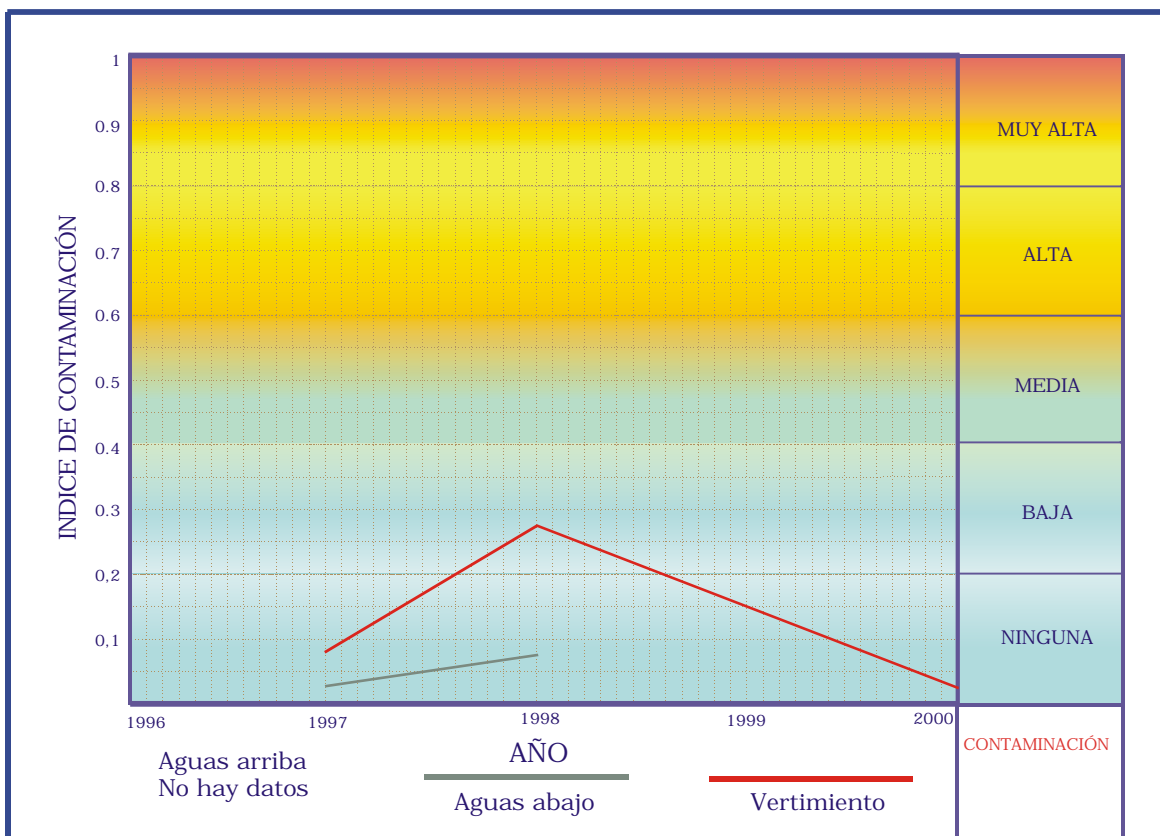


Figura 4. PLANTA ARAGUANEY - ICOMI

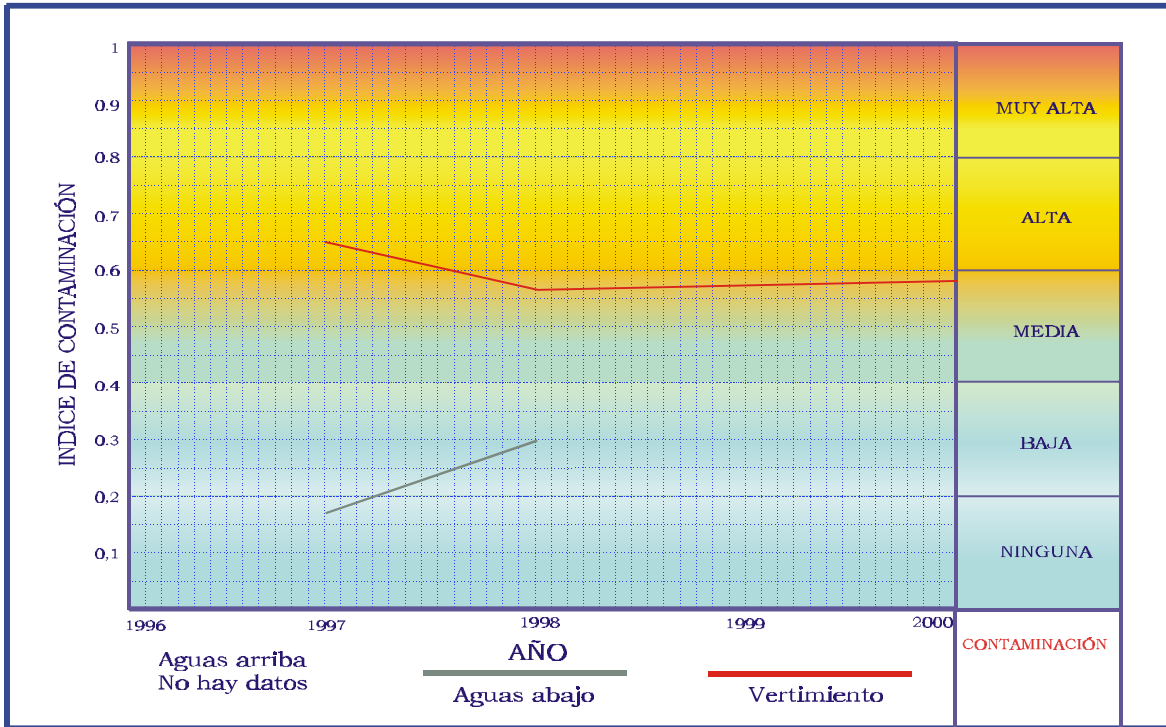


Figura 5. PLANTA ARAGUANNEY - ICOMO

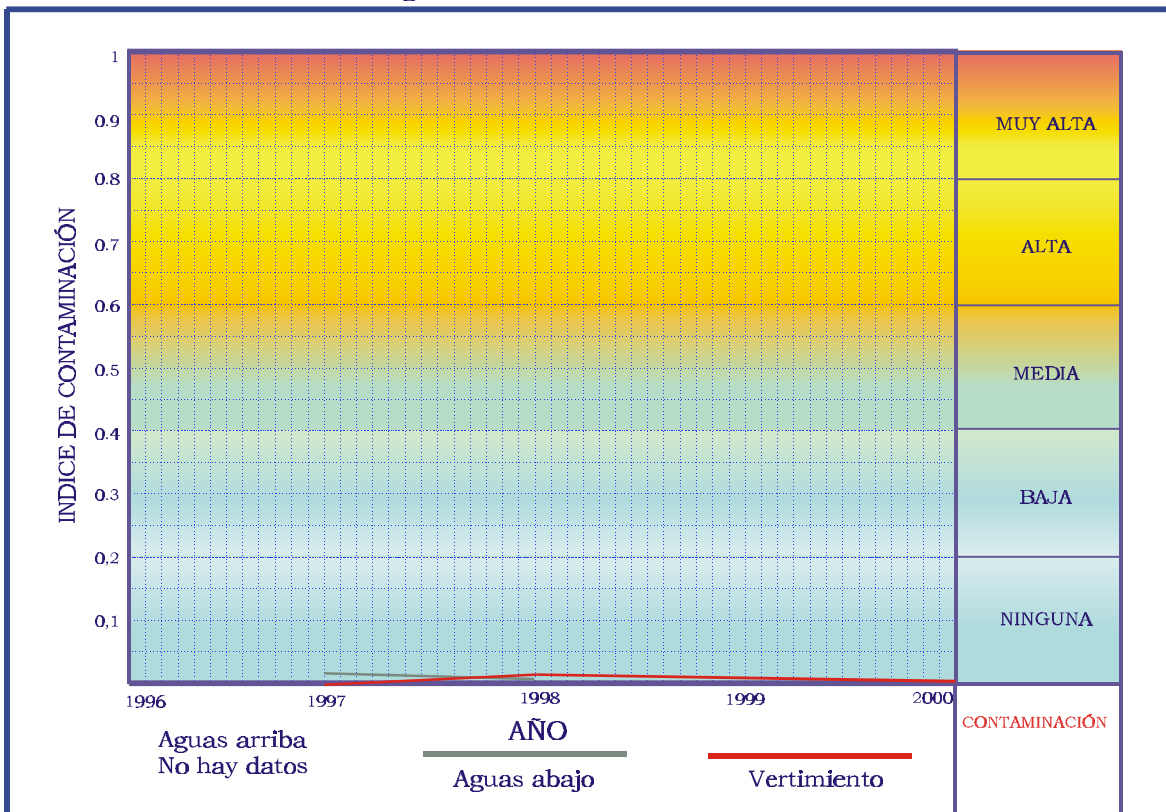


Figura 6. PLANTA ARAGUANNEY - ICOSUS

Cuadro 71 Índices de Contaminación ICO Planta Miraflores

Aguas abajo Q. Guamalera					Aguas arriba Q. Guamalera				
EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1	0.05	0.07	0.11	0	1	0.05	0.35	0.91	0
2	0.07	0.5	0.58	0	2	0.08	0.5	0.56	0
4	0.07	0.38	0.06	0	4	0.05	0.53	0.04	0
5	0.05	0.3	0.04	0	5	0.04	0.25	0.02	0

Aguas arriba y aguas abajo se presenta un índice medio de ICOSUS, en año 1997(época 2). Aguas arriba se presenta un índice muy alto de ICOSUS en el año 1996 (época 1.)
Ver figuras 7, 8 y 9.

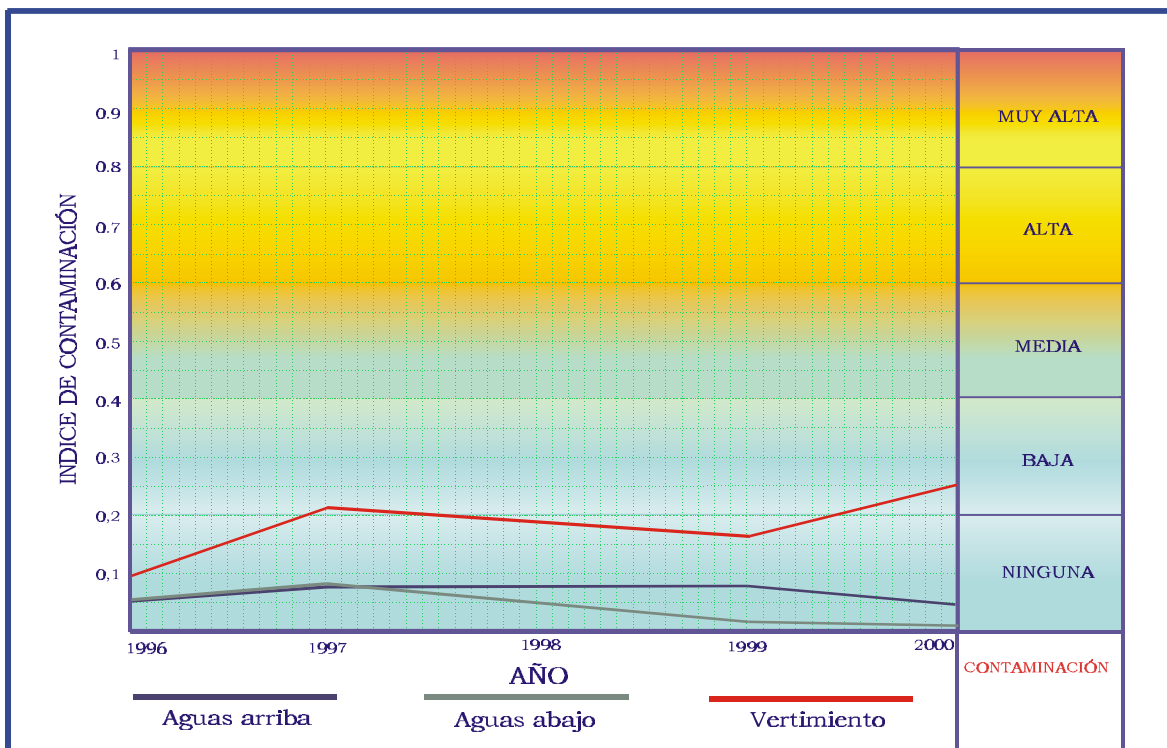


Figura 7. PLANTA MIRAFLORES - ICOMI

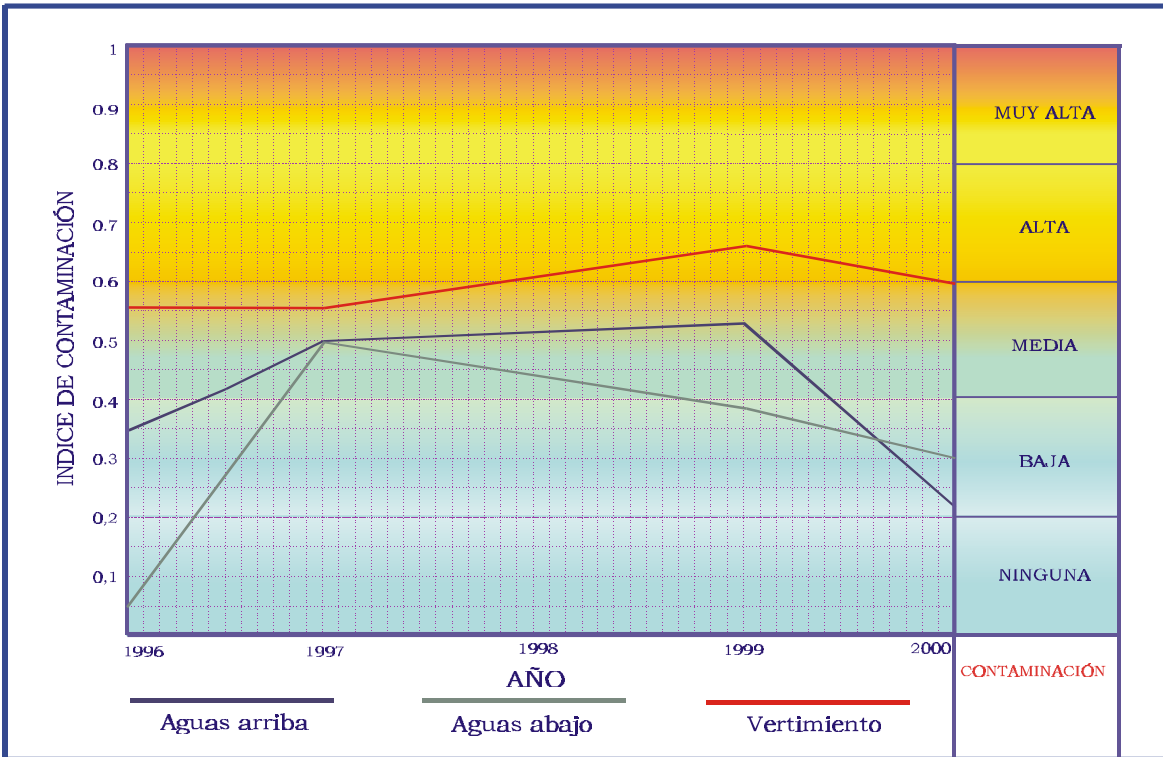


Figura 8. PLANTA MIRAFLORES - ICOMO

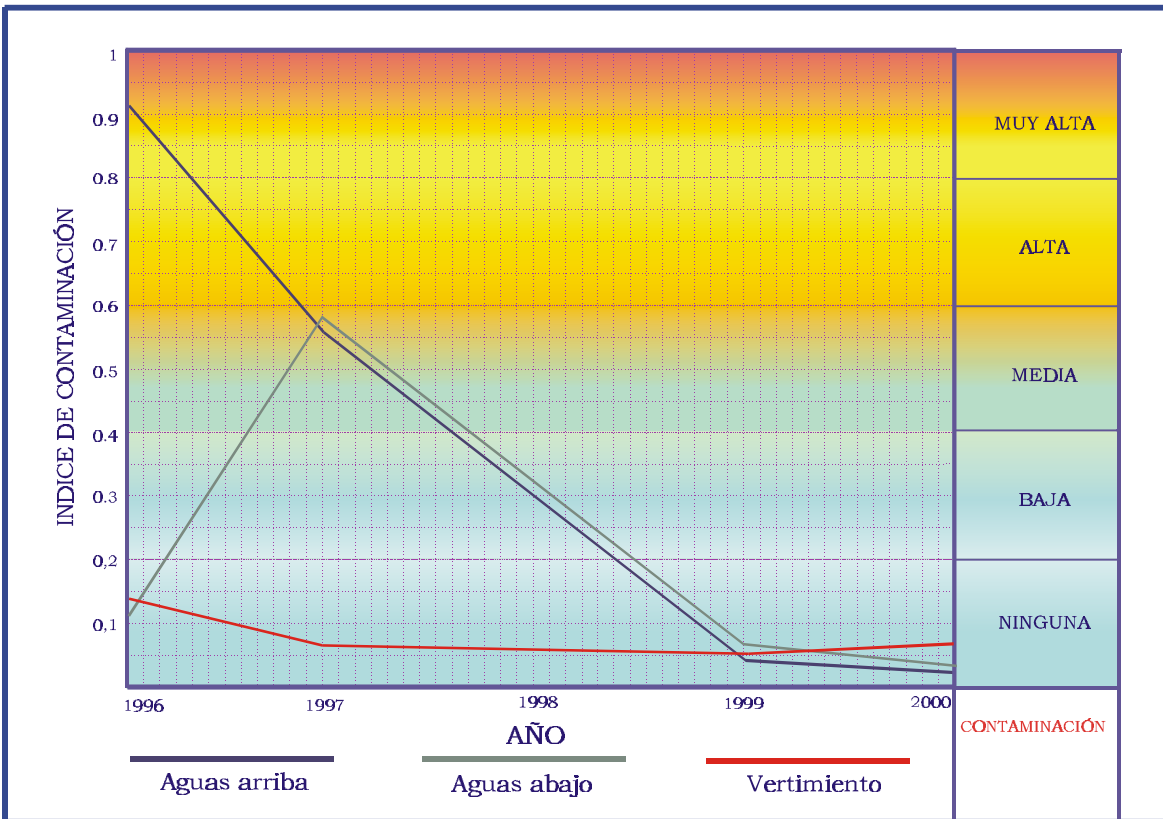


Figura 9. PLANTA MIRAFLORES - ICOSUS

Cuadro 72. Indices de Contaminación ICO Planta Porvenir

Aguas abajo Q La pedregosa					Aguas arriba Q. La Pedregosa				
EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH
1	0.01	0,27	0,01	0	1	0	0,54	0	0
2	0.01	0,3	0,08	0	2	0.01	0,42	0,09	0
4	0.01	0,25	0	0	4	0.03	0,17	0	0
5	0.02	0,29	0	0	5				

Aguas arriba se presenta un rango medio de contaminación por materia orgánica en la época 1 y 2, debido a que la concentración por coliformes totales se encontró alta para esa época. Aguas abajo todos los índices se encuentran bajos. Ver figuras 10, 11 y 12.

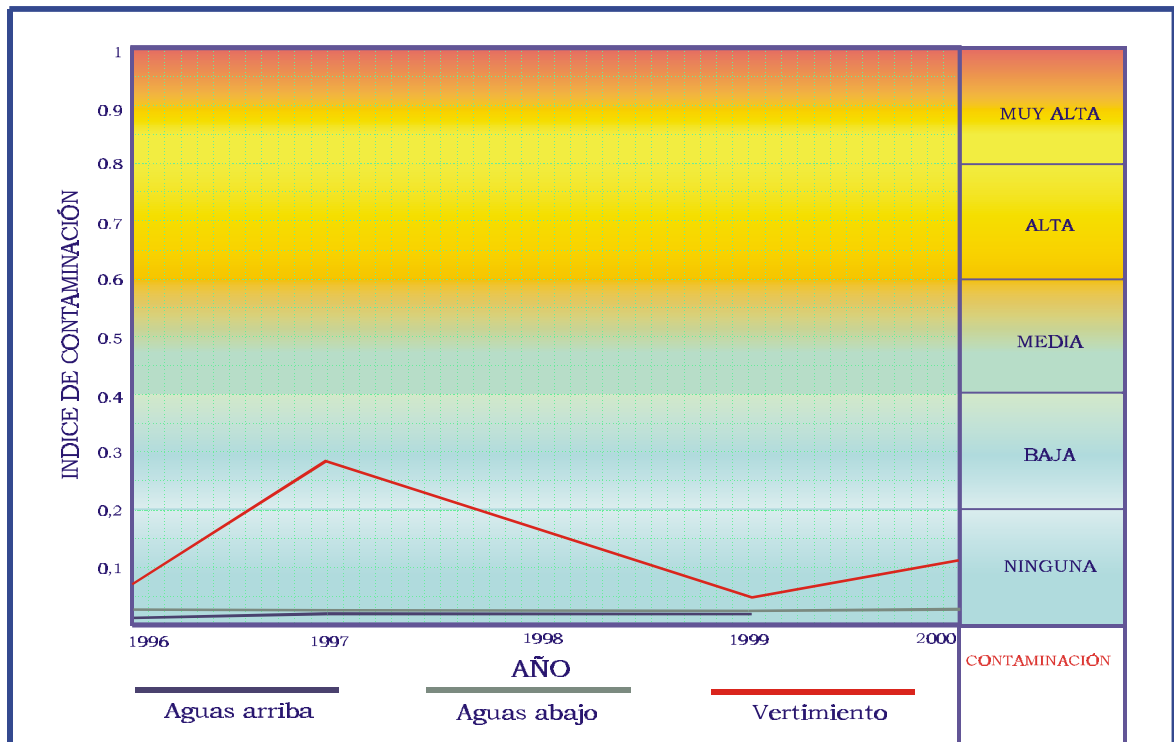


Figura 10. PLANTA PORVENIR - ICOMI

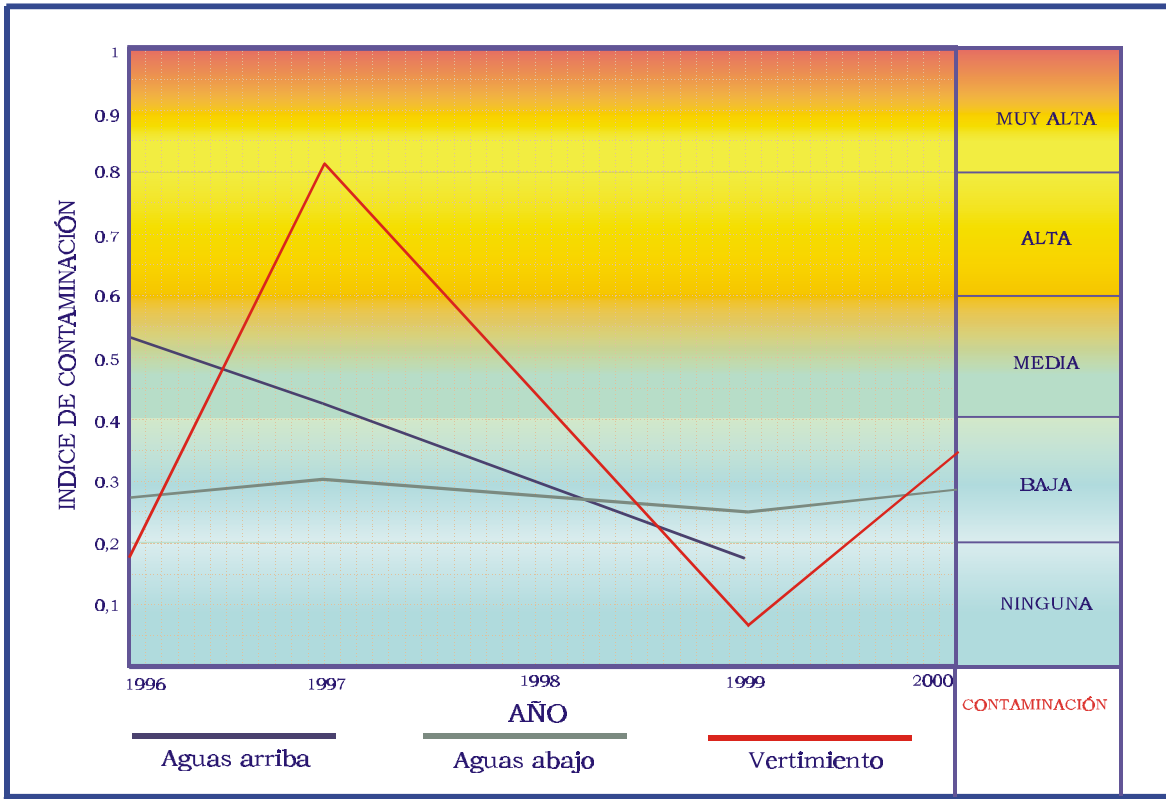


Figura 11. PLANTA PORVENIR - ICOMO

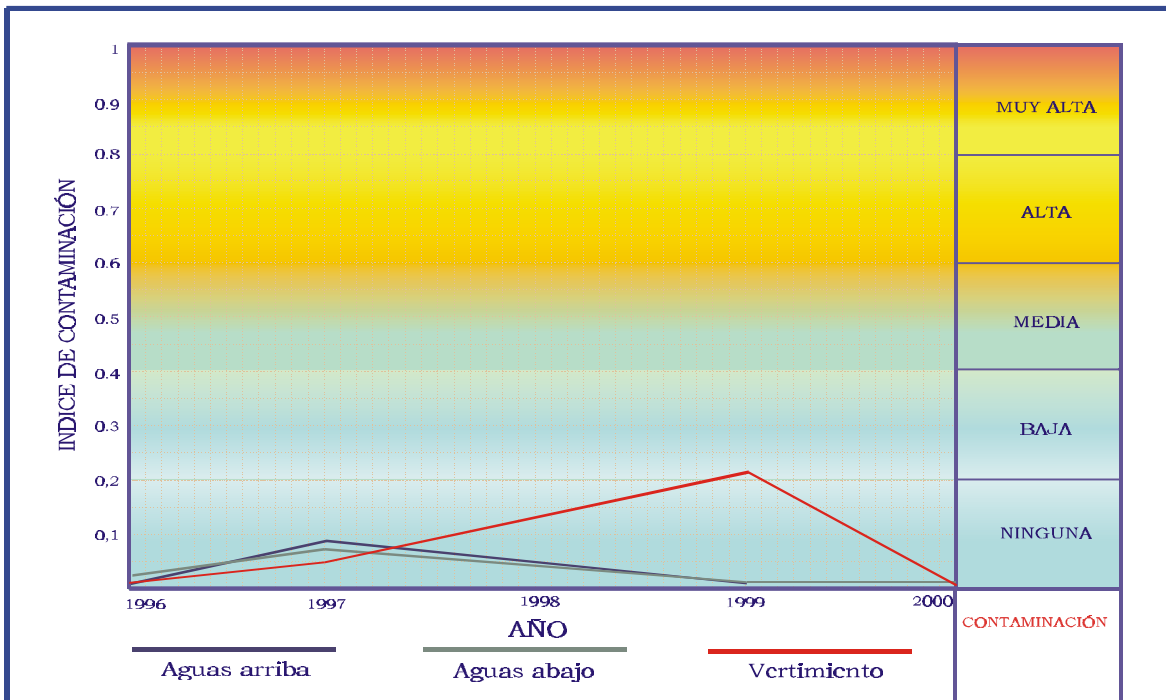


Figura 12. PLANTA PORVENIR - ICOSUS

8.9.1 Cuadros y figuras de los resultados (Condición de Aceptación del Vertimiento C.A) a la salida de los separadores API (Plantas de Crudos).

Cuadro 73. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Araguaney

AÑO	EPOC A	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1997	2	0.07	0.65	0	0.01
1998	3	0.28	0.56	0.01	0,01
2000	5	0,03	0.58	0	0

En las tres épocas el índice de contaminación por materia orgánica se encuentra en un rango medio, los demás índices se encuentran bajos. Ver figuras 4, 5 y 6.

Cuadro 74. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Araguaney

AÑO	EPOCA	Q.ver(L/s)	Q.a.arr(L/s)	C.A(ICOMI)	C.A(ICOMO)	C.A (ICOSUS)	C.A(PH)
1997	2	3.81	2,8	0.04	0.37	0	0
1998	3	8.64	88.25	0.03	0.05	0	0
2000	5	0.1	115.3	0	0	0	0

Todos índices de condición de aceptación del vertimiento se encuentran dentro del rango de aceptación, lo que significa que el cuerpo receptor está en capacidad de asimilar este vertimiento. Ver figuras 13, 14 y 15.

Cuadro 75. Índices de Contaminación del Vertimiento Planta Miraflores

AÑO	EPOC A	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1996	1	0.1	0.56	0.14	0
1997	2	0.21	0.56	0.06	0.01
1999	4	0.16	0.65	0.05	0
2000	5	0.25	0.6	0.07	0

En las cuatro épocas el índice de contaminación por materia orgánica se encuentra en un rango medio los demás se encuentran bajos. Ver figuras 7, 8 y 9.

Cuadro 76. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Miraflores

AÑO	EPOCA	Q.ver(L/s)	Q.a.arr(L/s)	C.A(ICOMI)	C.A(ICOMO)	C.A (ICOSUS)	C.A(PH)
1996	1	0,93	144,72	0	0	0	0
1997	2	1.14	5.31	0.04	0.1	0.01	0
1999	4	1.21	64.82	0	0.01	0	0
2000	5	0,38	169,12	0	0	0	0

Todos los índices se encuentran en un rango aceptable. Ver figuras 13, 14 y 15.

Cuadro 77. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Porvenir

AÑO	EPOC	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
	A				
1996	1	0.08	0.18	0	0.01
1997	2	0.28	0.81	0.05	0
1999	4	0.05	0.25	0.21	0
2000	5	0,11	0.35	0.00	0

El índice de contaminación por materia orgánica en la época 2 se encuentra muy alto. Los demás índices se encuentran bajos. Ver figuras 10, 11 y 12.

Cuadro 78. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Porvenir

AÑO	EPOCA	Q.ver(L/s)	Q.a.arr(L/s)	C.A(ICOMI)	C.A(ICOMO)	C.A (ICOSUS)	C.A(PH)
1996	1	0.02	4.94	0	0	0	0
1997	2	0.03	1.06	0.08	0.22	0.01	0
1999	4	3.58	9.27	0	0.01	0,01	0
2000	5	15,29	38,13	0.03	0.1	0.00	0

Todos los índices se encuentran en un rango aceptable. Ver figuras 13, 14 y 15.

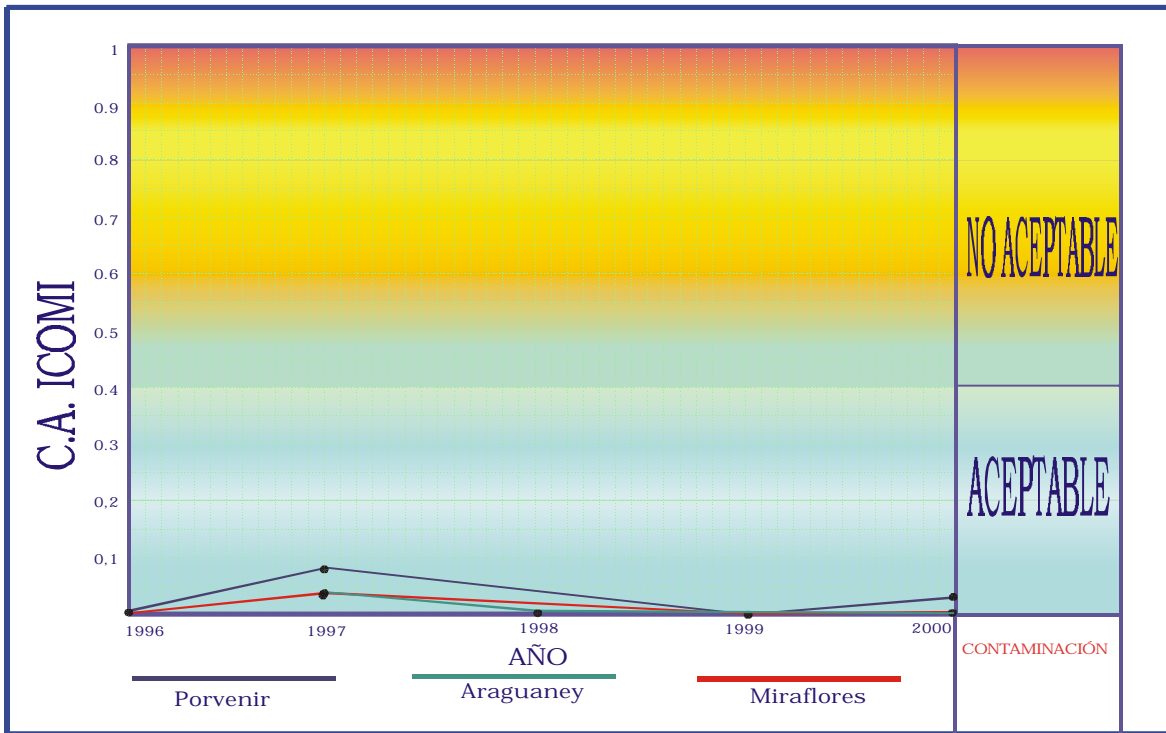


Figura 13. CRUDOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

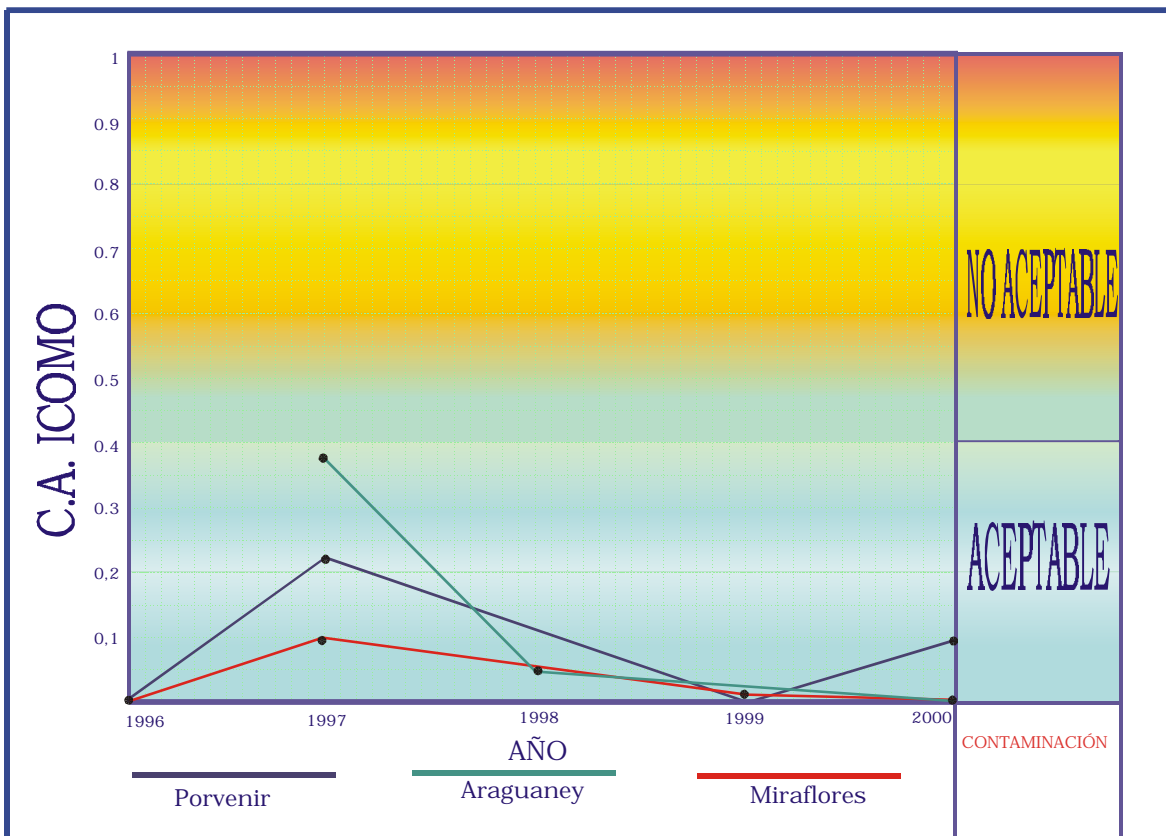


Figura 14. CRUDOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

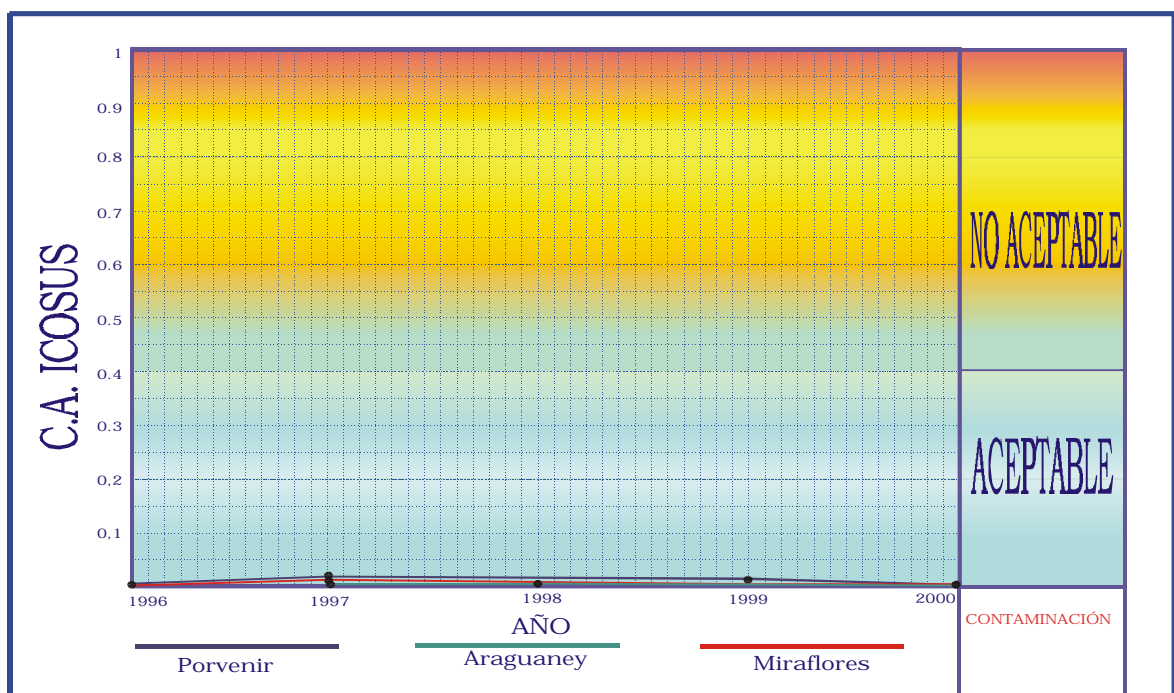


Figura 15. CRUDOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

8.10 CUADROS Y FIGURAS DE INDICES DE CONTAMINACIÓN PROPUESTOS POR EL ICP Y MINAMBIENTE PARA LOS CUERPOS RECEPTORES (PLANTAS DE REFINADOS)

Cuadro 79. Índices de contaminación (ICO) Planta Puerto Salgar

Aguas abajo Q. El Guanabano					Aguas arriba Q. El Guanabano				
EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICO MI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1	0.33	0.63	0.11	0	1	0.33	0.58	0.1	0
2	0.90	0.67	0.08	0	2	1.00	0.45	0.04	0.01
3	0.07	0.50	0.00	0	3	0.08	0.47	0	0
4	0.33	0.24	0.01	0	4	0.33	0.02	0.02	0.01

Aguas abajo de la quebrada, el índice de contaminación por mineralización (ICOMI), en la época 1 estuvo en un rango bajo y llegó a un rango muy alto en la época 2, lo cual

también se observó aguas arriba. Esto sucedió por la alta concentración de conductividad y dureza que se detectó en esa época. El índice de contaminación por materia orgánica permaneció en un rango medio aguas arriba y aguas abajo en las apocas 1, 2 y 3.

Ver figuras 16, 17 y 18.

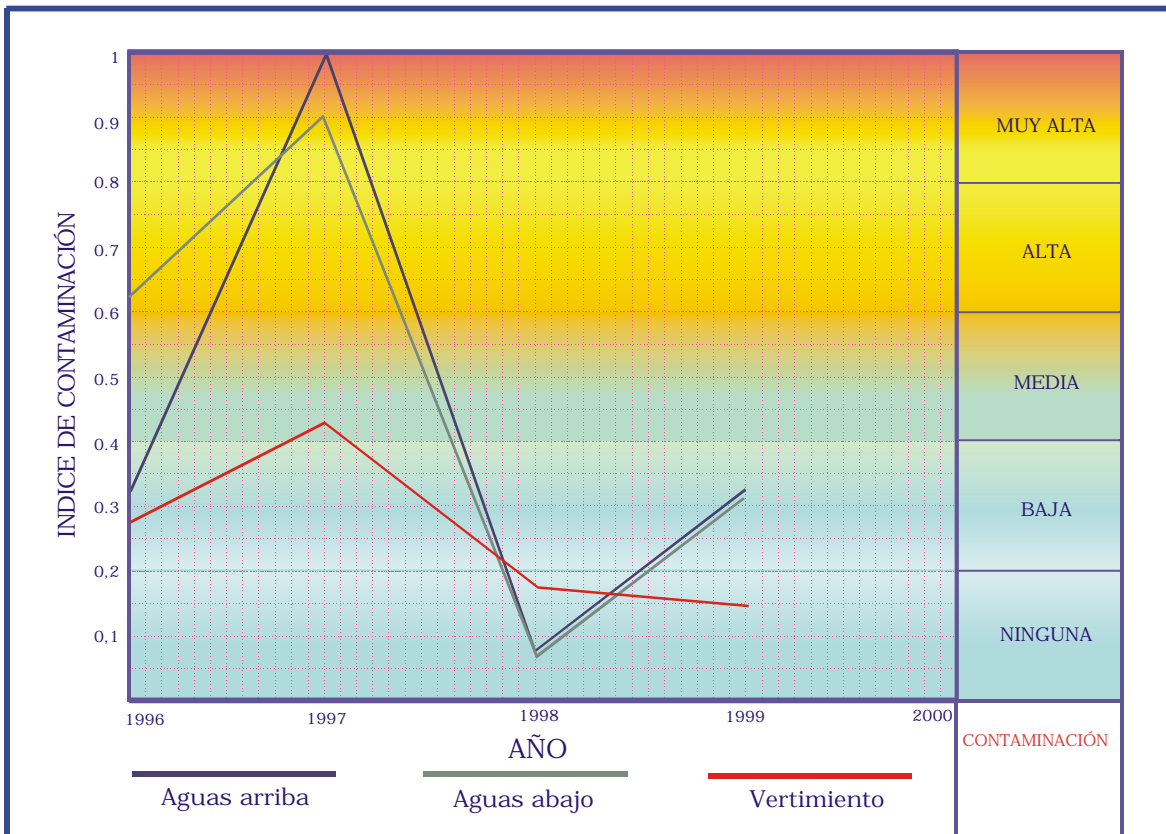


Figura 16. PLANTA PUERTO SALGAR - ICOMI

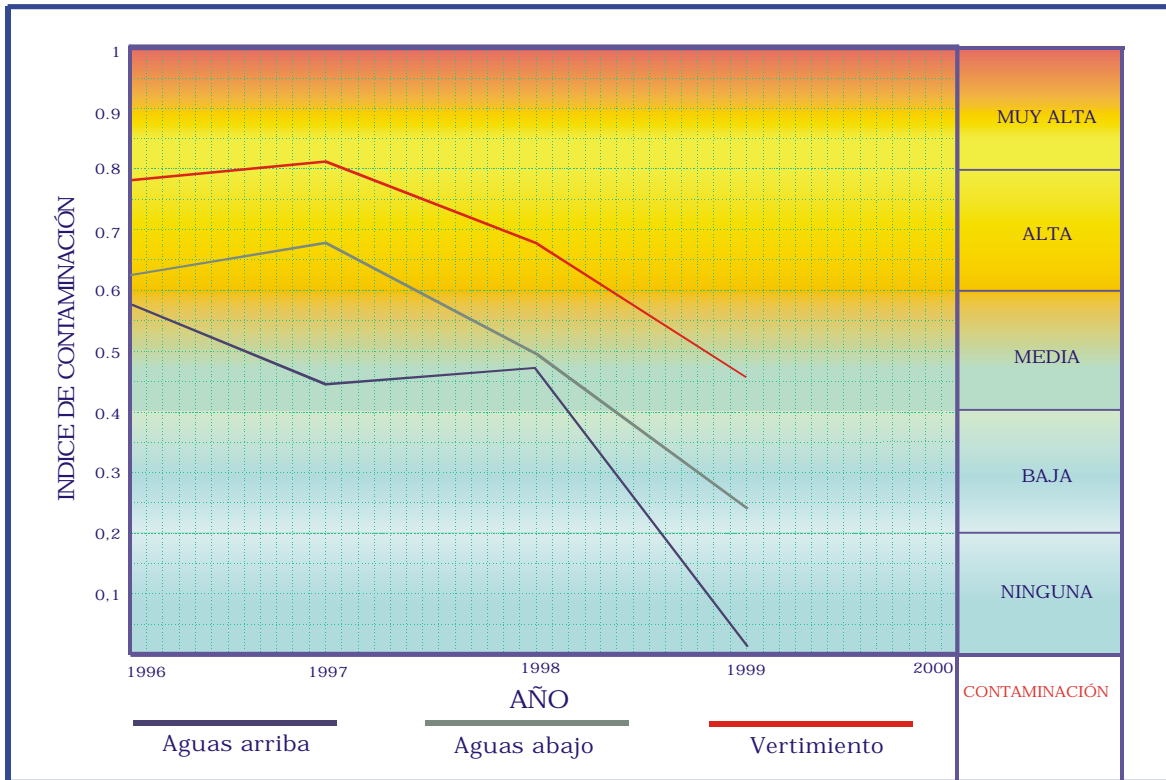


Figura 17. PLANTA PUERTO SALGAR - ICOMO

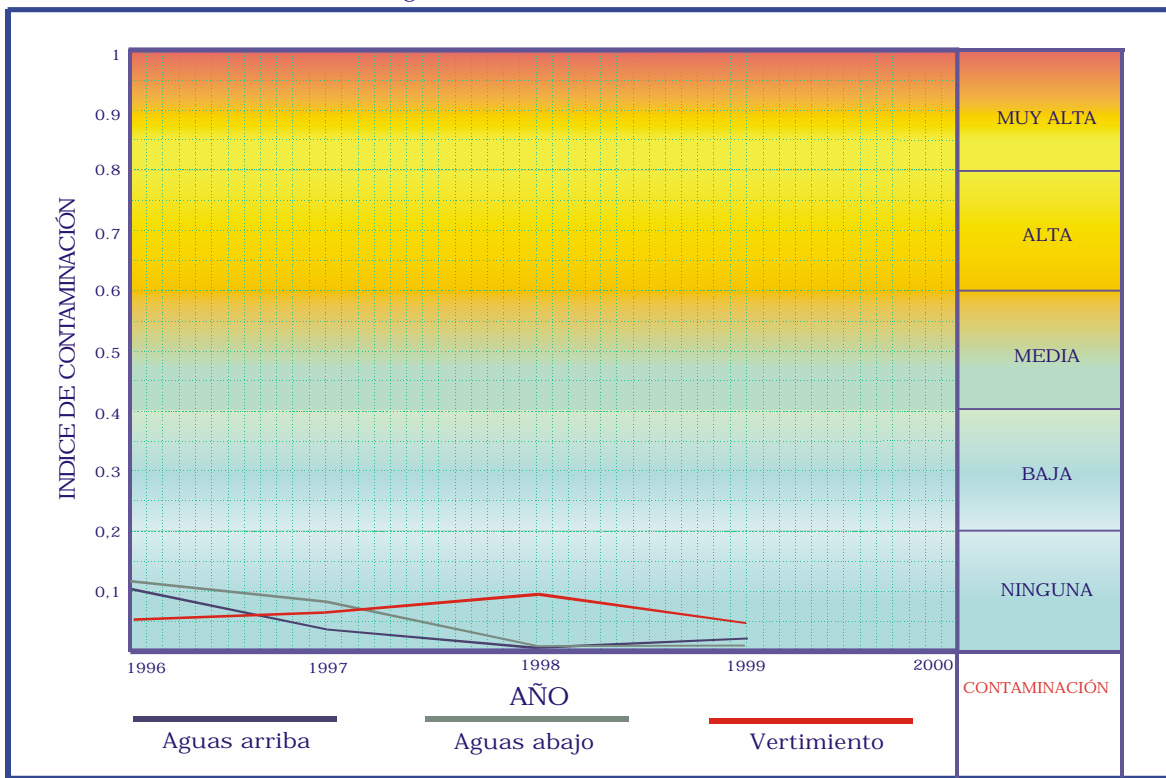


Figura 18. PLANTA PUERTO SALGAR - ICOSUS

CUADRO 80. Índices de Contaminación (ICO) Planta Manizales

Aguas abajo Q. Manizales					Aguas arriba Q. Manizales				
EPOC	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
A									
1	0.5	0.55	0.32	0	1				
3	1	0.88	0.33	0	3	1.00	0.88	0.35	0
4	0.69	0.77	1.00	0.02	4	0.46	0.59	1.00	0
5	0.12	0.80	0.40	0	5	0.46	0.67	0.30	0

Aguas arriba y aguas abajo en la época 3 se presentaron índices muy altos de contaminación por mineralización y materia orgánica. También se presentaron índices muy altos de contaminación por sólidos suspendidos en la época 4. Se presentó contaminación media a alta por mineralización y materia orgánica aguas arriba y aguas abajo en las épocas 1, 4 y 5. Ver figuras 19, 20 y 21.

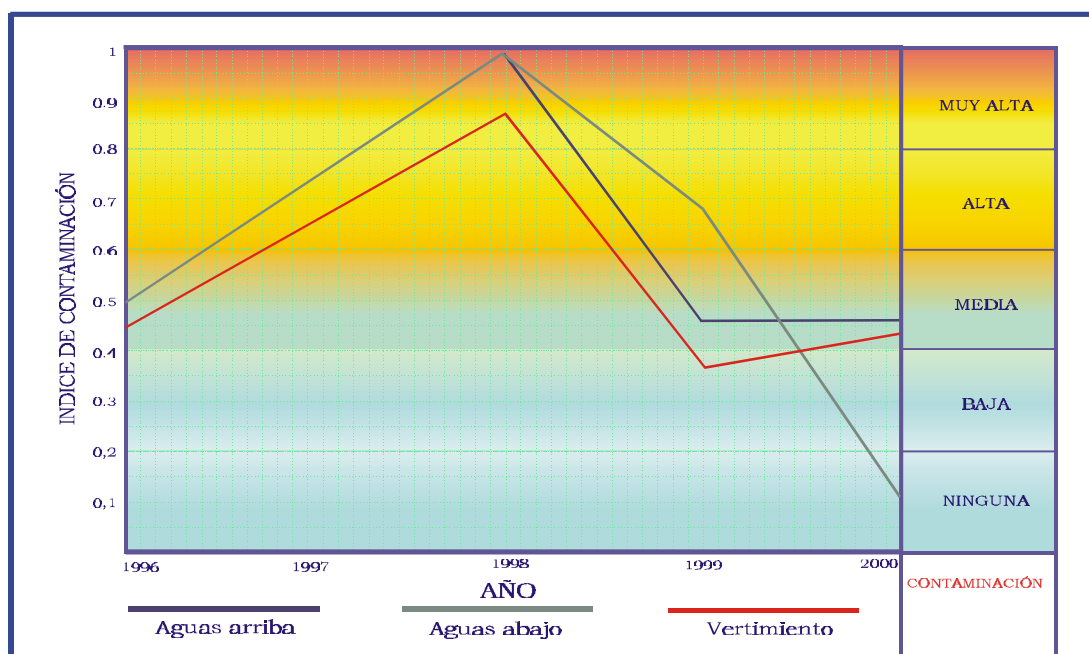


Figura 19. PLANTA MANIZALES - ICOMI

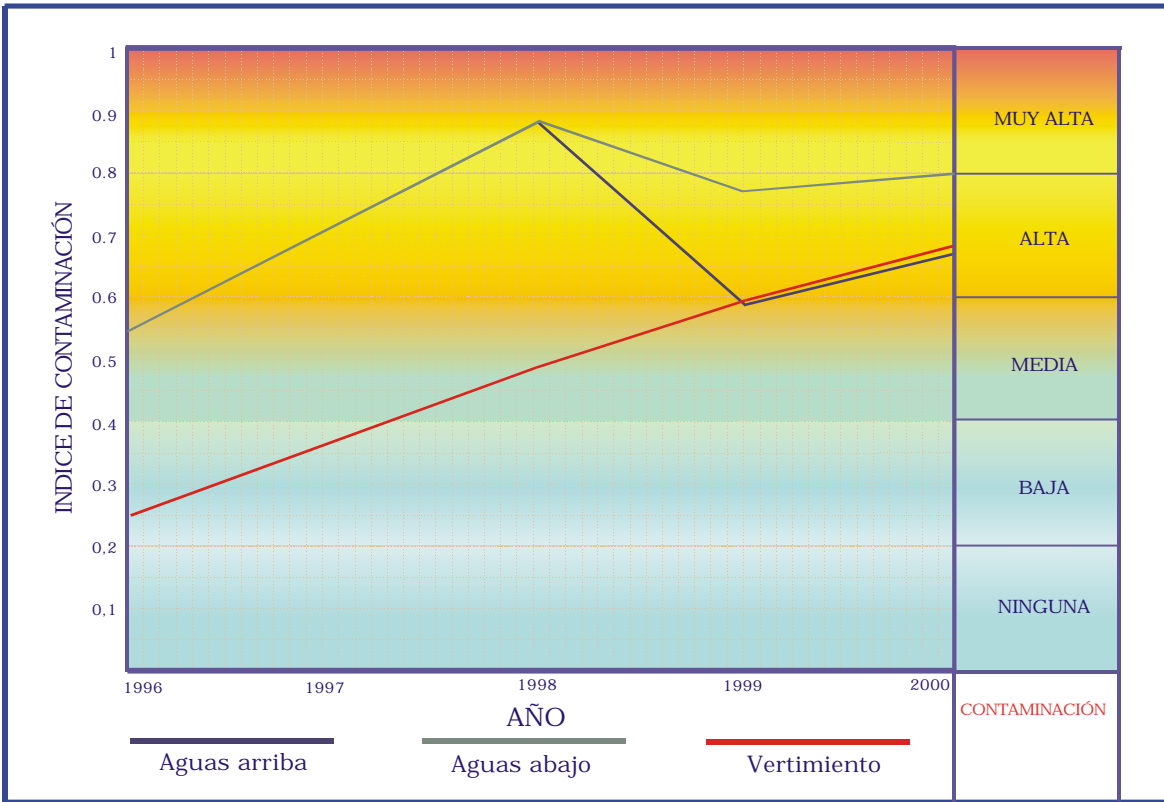


Figura 20. PLANTA MANIZALES - ICOMO

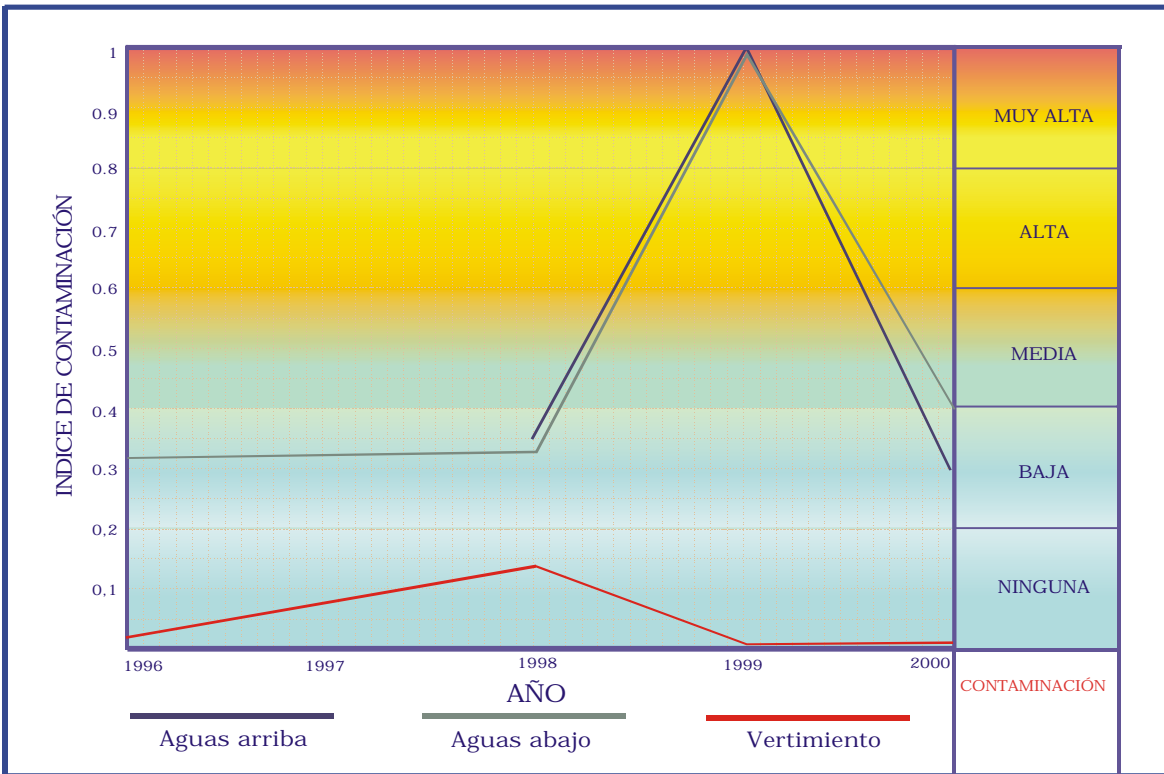


Figura 21. PLANTA MANIZALES - ICOSUS

Cuadro 81. Índices de Contaminación (ICO) Planta Mansilla

Aguas abajo Q. La Mansillita					Aguas arriba Q. La Mansillita				
EPOC	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH	EPOCA	ICOM	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
A					I				
1	0.03	0.37	0.04	0	1	0.04	0.42	0.02	0
3	0.05	0.49	0.05	0	3	0.02	0.33	0.00	0
4	0.03	0.36	0.01	0	4	0.03	0.17	0.02	0

El índice de contaminación por materia orgánica se encuentra medio para la época 3 aguas abajo y para la época 1 aguas arriba. Los demás índices presentan baja ó ninguna contaminación. Ver figuras 22, 23 y 24.

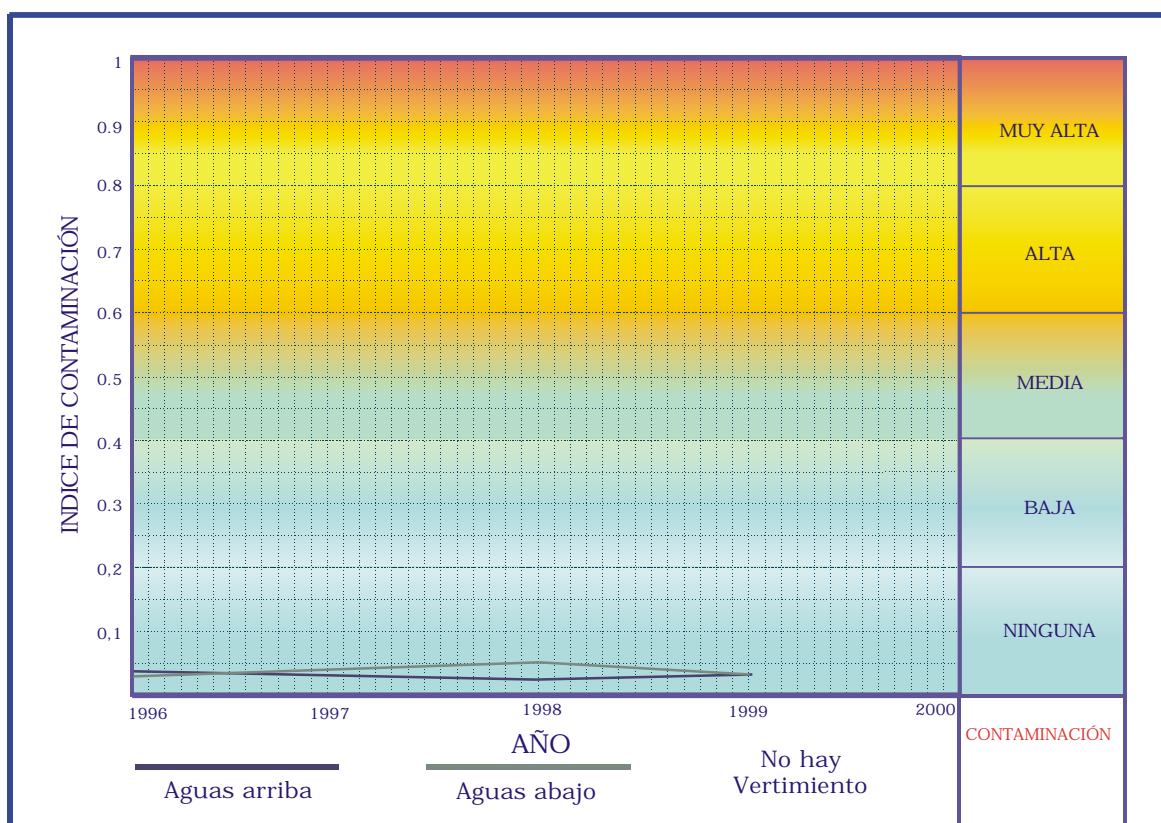


Figura 22. PLANTA MANSILLA - ICOMI

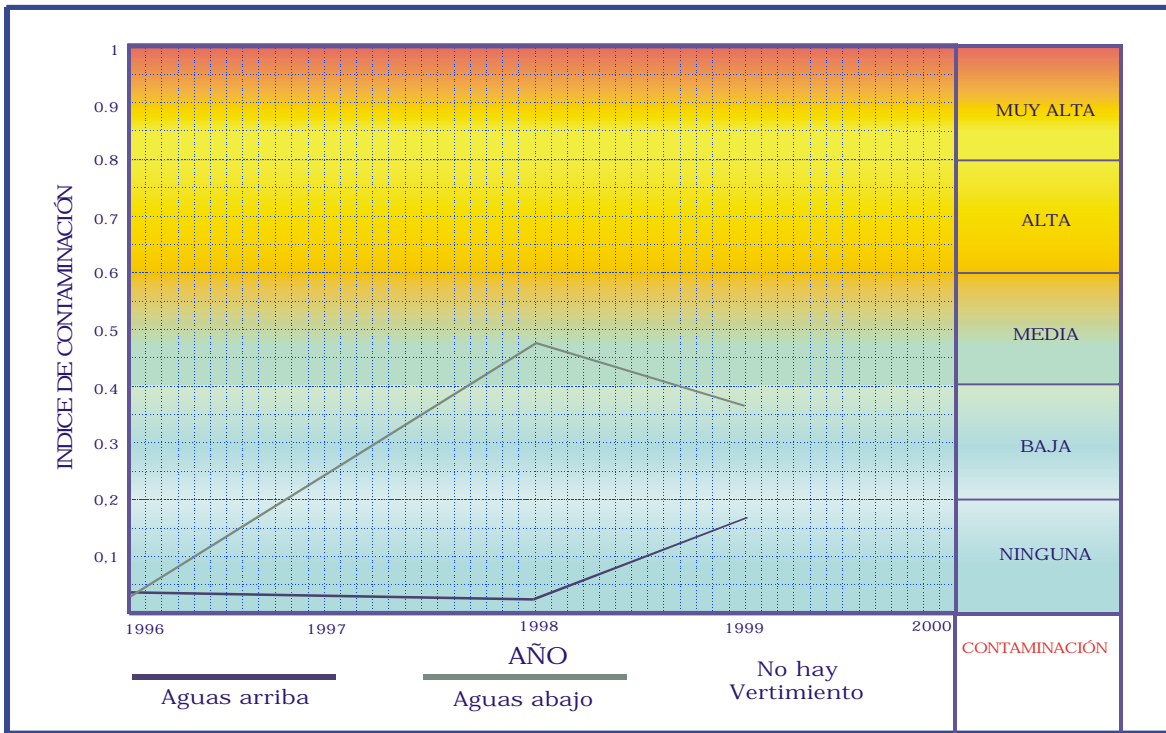


Figura 23. PLANTA MANSILLA - ICOMO

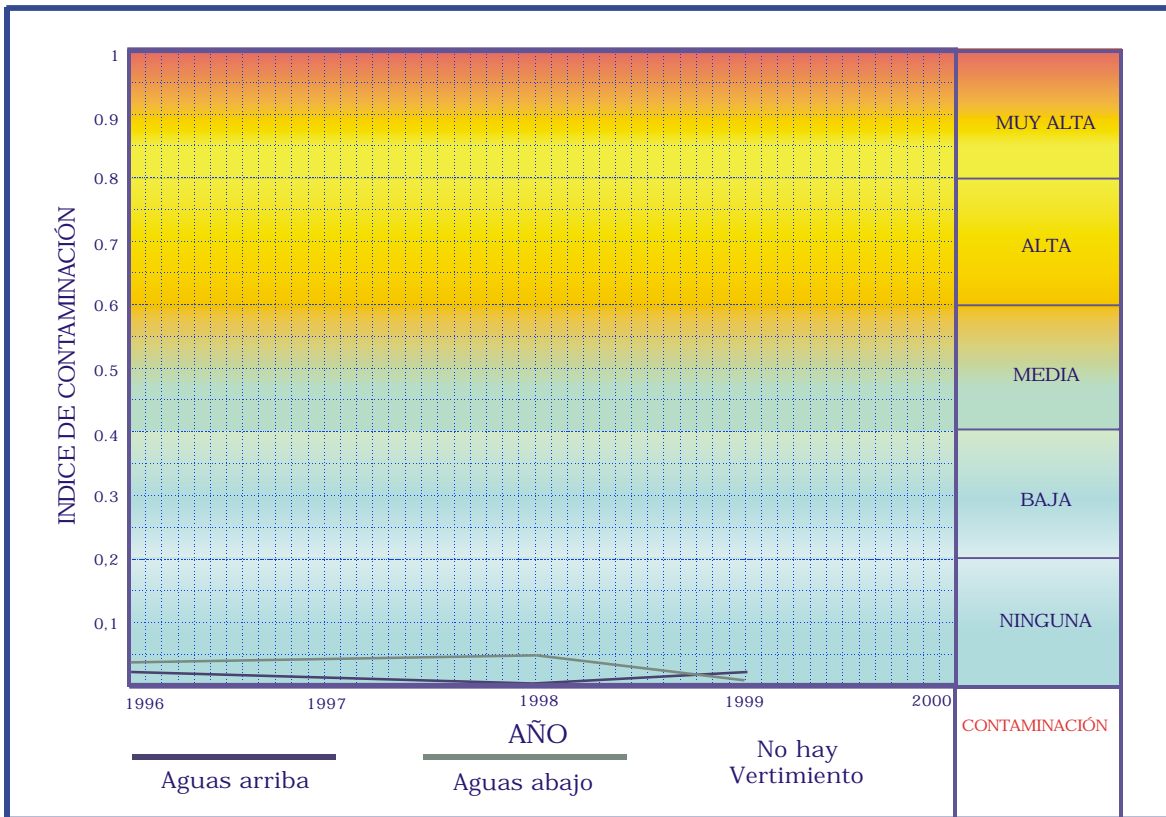


Figura 24. PLANTA MANSILLA - ICOSUS

8.10.1 Cuadros y figuras de los resultados (Condición de Aceptación del Vertimiento C.A) a la salida de los separadores API (Plantas de Refinados).

Cuadro 82. Índices de Contaminación Vertimiento de la Planta Puerto Salgar

AÑO	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1996	1	0.27	0.79	0.05	0.01
1997	2	0.42	0.81	0.07	0
1998	3	0.18	0.68	0.10	0
1999	4	0.15	0.46	0.05	0

El vertimiento que sale de la piscina de oxidación presenta contaminación media a alta por materia orgánica, en las épocas 1, 3 y 4 y muy alta en la época 2, debido a que la concentración de DBO se encuentra alta. Los demás índices están en un rango medio y principalmente bajo. Ver figuras 16, 17 y 18.

Cuadro 83. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Puerto Salgar

AÑO	EPOCA	Q.ver(L/s)	Q.a.arr(L/s)	C.A (ICOMI)	C.A(ICOMO)	C.A (ICOSUS)	C.A(pH)
1996	1	1.07	1.58	0.11	0.32	0.02	0
1997	2	2.13	1.61	0.24	0.46	0.04	0
1998	3	12.94	263.88	0.01	0.03	0	0
1999	4	11.13	222.93	0.01	0.02	0	0

Todos los valores, excepto el C.A. ICOMO para la época 2, se encuentran dentro del rango aceptable que es hasta 0.4. Ver figuras 25, 26 y 27.

Cuadro 84. Índices de Contaminación Vertimiento Planta Manizales

AÑO	EPOCA	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOPH
1996	1	0.45	0.25	0.02	0
1998	3	0.87	0.49	0.14	0
1999	4	0.37	0.60	0	0
2000	5	0.42	0.67	0	0

En la época 3 se presentó contaminación muy alta por mineralización, debido a la alta conductividad y dureza. Los índices de contaminación por materia orgánica fueron medios y altos en las épocas 3, 4 y 5. Ver figuras 19, 20 y 21.

Cuadro 85. Condición de Aceptación del Vertimiento Planta Manizales

AÑO	EPOCA	Q.ver(L/s)	Q.a.arr(L/s)	C.A (ICOMI)	C.A(ICOMO)	C.A (ICOSUS)	C.A(pH)
1996	1	0.1	0.06	0.28	0.15	0.01	0
1998	3	11.06	No aforaron Caudal				
1999	4	28.45	1.34	0.35	0.57	0	0
2000	5	0.13	309.5	0	0	0	0

Todos los índices de aceptación se encuentran en el rango aceptable, excepto el índice de aceptación por materia orgánica que se encuentra en un valor de 0.57 en la época 4.

Este rango se encuentra alto debido a que el caudal de la quebrada es menor que el caudal de vertimiento de la planta. Ver figuras 25, 26 y 27.

NOTA: La planta Mansilla no produce vertimientos a los cuerpos receptores, porque se maneja un sistema de recirculación de aguas, por lo siguiente no se calcularon los índices de contaminación.

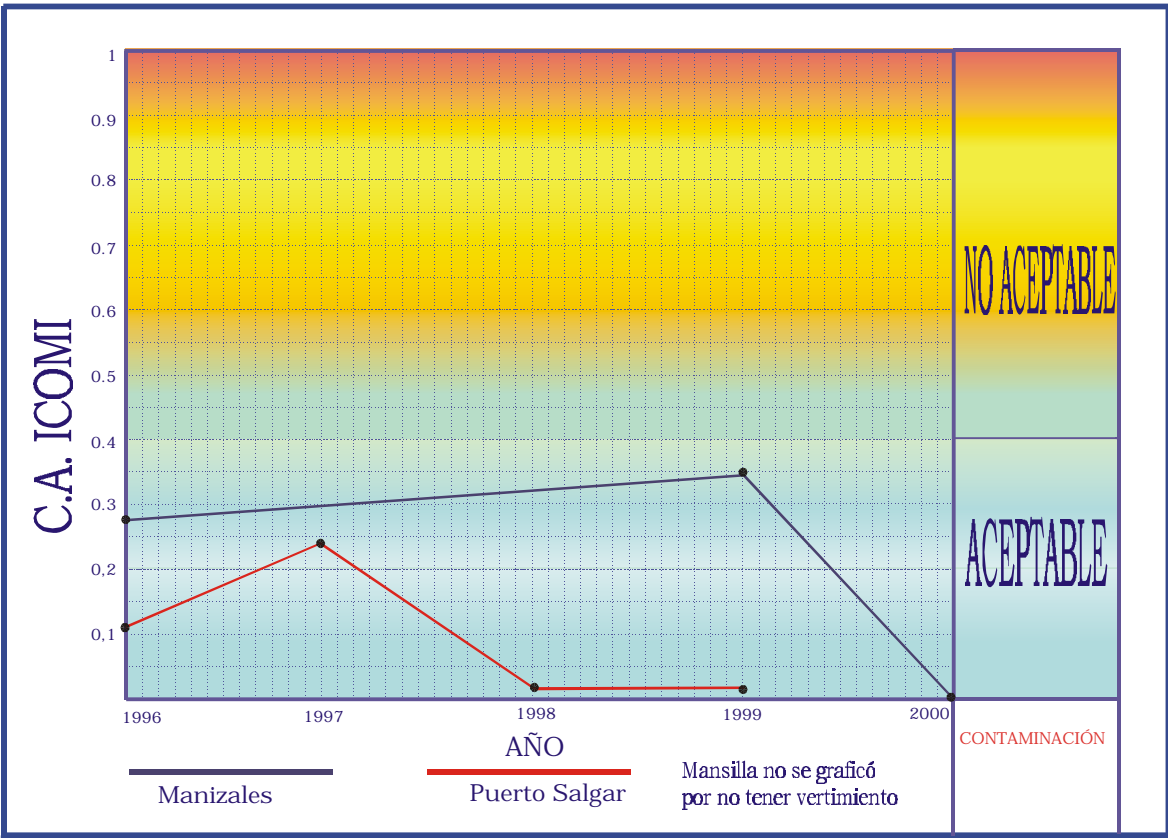


Figura 25. REFINADOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

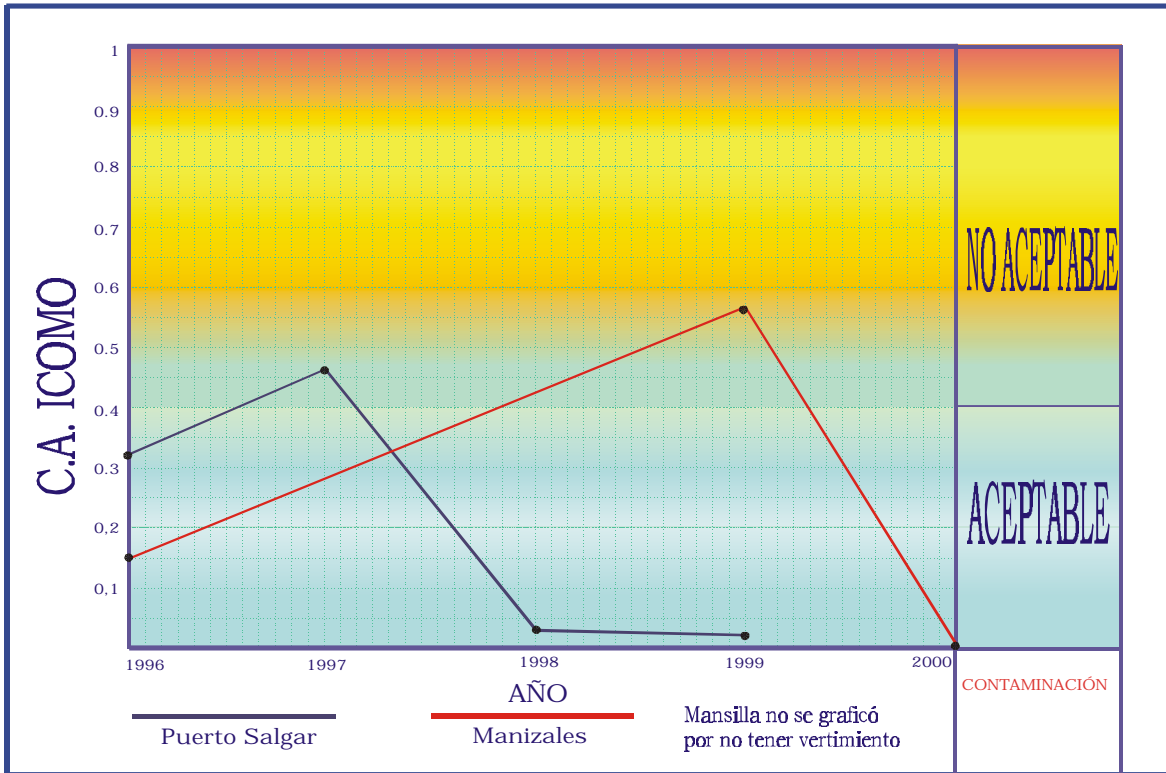


Figura 26. REFINADOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

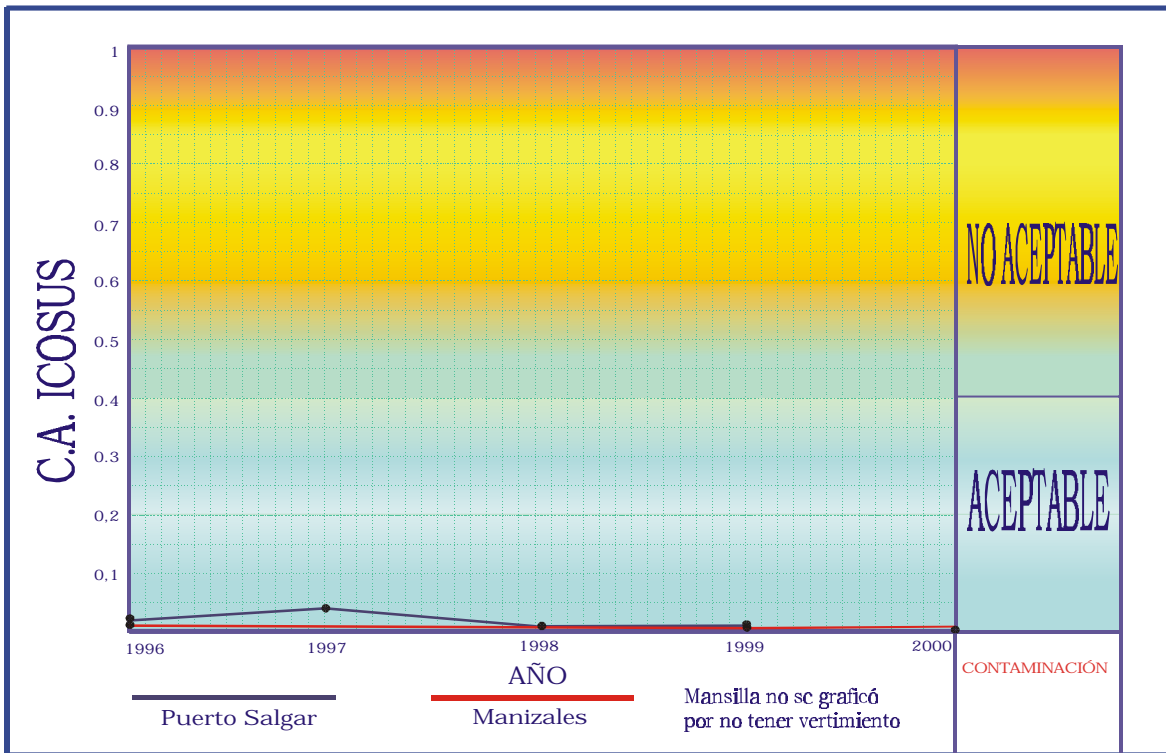


Figura 27. REFINADOS - CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el análisis de la información y conclusiones se exponen con carácter interdependiente, así las pruebas estadísticas realizadas no se analizan únicamente desde el punto de vista matemático, sino resaltando la importancia de la interpretación de los resultados.

9.1 PARÁMETROS A MONITOREAR PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CUERPOS RECEPTORES DE LAS PLANTAS QUE MANEJAN CRUDOS Y REFINADOS

Teniendo en cuenta los parámetros que fueron eliminados de los análisis estadísticos, con base en los criterios presentados en el numeral 8.2 y los resultados de los Cuadros 18 a 21, y de acuerdo con los resultados de las técnicas estadísticas aplicadas, a las muestras recolectadas en los monitoreos deberán analizarse los siguientes parámetros fisicoquímicos:

9.1.1 En el sistema de tratamiento

- PH
- Temperatura (T)
- Conductividad (Cond.)
- Oxígeno Disuelto (OD)

- Caudal (Q)
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Sólidos Totales (ST)
- Hidrocarburos totales por cromatografía
- Hidrocarburos aromáticos polinuclueares
- Grasas y aceites (G/A)
- Fenoles totales(F)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Alcalinidad
- Coliformes totales (Colif/100ml)
- Coliformes fecales (Colif/100 ml)

9.1.2 En los cuerpos de agua receptores (quebradas, ríos, lagos)

- PH
- Temperatura (T)
- Conductividad (Cond.)
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Caudal (Q)
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Grasas y aceites (G/A)
- Fenoles totales(F)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Alcalinidad

- Dureza
- Fósforo Total
- SAAM
- Coliformes totales (Colif/100ml)
- Coliformes fecales (Colif/100 ml)

Por la transformación que sufren los hidrocarburos totales cuando entran en contacto con el agua (evaporación), no se detectaron concentraciones en los cuerpos de agua receptores, por lo tanto se deberá monitorear la concentración de hidrocarburos en sedimentos para poder medir el impacto sobre el cuerpo receptor.

9.2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS SALIDAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE PLANTAS DE CRUDOS Y REFINADOS

9.2.1 Análisis de Varianza (Plantas de Crudos)

Grasas y Aceites:

La variable clima tiene un efecto significativo en el resultado de las concentraciones de grasas y aceites de las tres plantas.

Las concentraciones promedio de grasas y aceites para cada planta son diferentes y no muestran ninguna correlación entre ellas

El sistema de tratamiento de la planta Araguaney muestra resultados significativamente diferentes a los de las plantas Porvenir y Miraflores, con concentraciones promedios

inferiores a los de las otras dos plantas, debido a que las condiciones de operación varían.

DQO

La variable clima no tiene ningún efecto significativo en el resultado de la concentración de DQO en las salidas del sistema de tratamiento.

Las concentraciones promedio de DQO son significativamente diferentes para la planta Arguaney comparadas con las otras dos plantas. A su vez los valores promedio de las plantas Miraflores y Porvenir muestran resultados similares.

Hidrocarburos totales

El clima no tiene efecto significativo sobre el resultado de las concentraciones de hidrocarburos totales en las tres plantas.

No existe similitud entre los valores de concentraciones para cada una de las plantas.

9.2.2 Análisis de Varianza (Plantas de Refinados)

Grasas y Aceites

No existe un efecto significativo de la época sobre el resultado de las concentraciones de grasas y aceites. La variabilidad de los datos no muestra ninguna tendencia definida.

Los valores promedio de concentración de grasas y aceites son similares para las tres plantas evaluadas.

DQO

Los resultados de las concentraciones de DQO son afectados significativamente por la época.

Comparando los resultados promedios de las plantas se observa una diferencia significativa de los resultados de planta Salgar con las plantas de Manizales y Mansilla.

HIDROCARBUROS TOTALES

No existe ningún efecto de la variable época sobre el resultado de hidrocarburos totales de las tres plantas de refinados.

Los resultados promedio de las concentraciones de las plantas Salgar y Mansilla no muestran diferencia estadística significativa.

9.2.3 Análisis conjunto de varianzas para Plantas de Crudos y Refinados

Grasas y Aceites

Existe un efecto significativo de la variable época sobre el resultado de concentración de grasas y aceites para las seis plantas evaluadas.

Se encuentra similitud en los resultados de las plantas Manizales, Porvenir y Miraflores, los resultados de las demás plantas comparados entre sí muestran resultados significativamente diferentes.

DQO

Existe un efecto significativo de la variable época sobre el resultado de concentración de grasas y aceites para las seis plantas evaluadas.

Los resultados promedio de las concentraciones de las plantas Salgar y Mansilla son similares a las de las tres plantas de crudos.

Hidrocarburos totales

Existe un efecto significativo de la variable época sobre el resultado de concentración de grasas y aceites para las seis plantas evaluadas.

No existe ninguna similitud entre los resultados de las concentraciones de hidrocarburos totales para las plantas de refinados comparadas con las de crudos.

9.3 . CORRELACIONES ENTRE VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LAS SALIDAS DE LOS SEPARADORES API

En la planta Miraflores la alcalinidad fue la variable que mayor número de correlaciones mostró incluyendo parámetros relativos a la mineralización. La variable DBO solamente se relacionó con la variable DQO, mientras que la DQO si se correlaciono con Saam. PH y temperatura.

En la planta Arguaney las variables de sólidos disueltos y sólidos totales mostraron mayor número de correlaciones con los parámetros de dureza y oxígeno disuelto. La variable grasas y aceites se correlacionó con hidrocarburos totales situación que no se presentó en las otras dos plantas de crudos.

En la planta Porvenir la variable con mayor número de correlaciones es la de cloruros, con parámetros asociados a sólidos disueltos y sólidos totales y la DBO solo se correlacionó con la DQO. Parámetros como grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles no se correlacionaron con ninguna variable.

En la planta Mansilla la conductividad mostró una correlación casi perfecta con los sólidos disueltos y también se correlacionó de manera negativa con oxígeno disuelto. La variable grasas y aceites se correlacionó negativamente con fenoles. Hidrocarburos totales no se correlacionó con ninguna variable.

La planta Manizales mostró correlaciones negativas de la variable sólidos disueltos con fenoles, oxígeno disuelto, grasas y aceites y Ph; cabe notar que no se correlacionó con la

variable conductividad. La variable de grasas y aceites se correlacionó positivamente con fenoles situación que solo se dio en esta planta.

En la planta Puerto Salgar las variables fenoles, oxígeno disuelto y pH mostraron gran cantidad de correlaciones principalmente con los parámetros de conductividad y grasas y aceites. La variable de hidrocarburos totales no se correlacionó con ninguna otra variable. Analizadas las correlaciones por cada planta especialmente en las de refinados no se observa una consistencia entre los resultados expuestos en cada cuadro, es decir que variables que se correlacionan positivamente en una planta no se correlacionan en otra planta, o se correlacionan de manera negativa.

Cabe notar que en el estudio no fueron determinados coliformes totales y coliformes fecales, porque estos parámetros se analizan para el tratamiento de aguas residuales domesticas y no para aguas industriales como las salidas de los separadores API. No obstante se recomienda incluir estos parámetros dentro de los monitoreos periódicos para verificar que no se mezclen corrientes de aguas domésticas con aguas industriales.

9.3.1 Correlación de las uniones de las salidas de los separadores API (Plantas de refinados)

Uniando los parámetros fisicoquímicos de las tres plantas de refinados a la salida del separador API, en ningún caso se logró una correlación en más del 60% de las oportunidades, porque no se contó con suficientes datos (parámetros fisicoquímicos), para que el programa realizara el análisis.

No obstante, se procedió a partir de los resultados de los cuadros 44,45 y 46 a tomar las correlaciones para cada planta mirando el número de veces que determinado parámetro fisicoquímico se relaciona con otros. Los resultados se presentan en el cuadro siguiente :

Cuadro 86. Variables correlacionadas en más del 70% de las oportunidades

Variable base	Número de plantas	Variables correlacionadas
Conductividad	2	O. disuelto
	1	Fenoles, Grasas y aceites, PH, Sólidos disueltos, DQO
Fenoles	2	Grasas y aceites, O. Disuelto, PH
	1	Conductividad, Sólidos totales, Temperatura, Sólidos disueltos
Grasas y aceites	3	Fenoles
	2	Sólidos disueltos
	1	Conductividad, O. Disuelto, PH, Temperatura
Oxígeno disuelto	2	Fenoles, Conductividad, PH, Sólidos totales
	1	Grasas y aceites, Sólidos disueltos, DQO, Temperatura
PH	2	Fenoles, Sólidos totales
	1	Conductividad, Grasas y aceites, O. Disuelto, Sólidos disueltos, Temperatura
Sólidos suspendidos	1	Sólidos disueltos, Temperatura, Sólidos totales
Sólidos totales	2	O. disuelto, PH
	1	Fenoles, Sólidos suspendidos
Temperatura	1	Sólidos disueltos, DQO, Sólidos suspendidos, Grasas y aceites, Fenoles, O. Disuelto, PH
Sólidos disueltos	1	Sólidos suspendidos, Temperatura, Conductividad, Fenoles, Grasas y aceites, O. Disuelto, PH
DQO	2	Temperatura
	1	Sólidos totales, Conductividad

Como se observa, solamente en un caso (Grasas y aceites) la variable base se correlaciona con otra (Fenoles) en las tres plantas. Las demás correlaciones entre variables se da para dos ó para una sola planta.

9.3.2 Correlación de las uniones de las salidas de los separadores API (plantas de Crudos)

Analizando las correlaciones para la unión de las salidas de los sistemas de tratamiento de las plantas Araguaney, Miraflores y Porvenir, se observó una correlación en el 98% de las oportunidades, entre sólidos disueltos y sólidos totales y en el 77% de las oportunidades entre sólidos totales , dureza total, cloruros, sólidos disueltos y sólidos totales.

Las variables grasas y aceites e hidrocarburos totales no se correlacionaron con ninguna otra variable

9.4 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

9.4.1 Unión de las salidas de los separadores API (Plantas de Crudos)

En las plantas de crudos se establecieron dieciocho componentes, de las cuales seis fueron las que reportaron alta varianza en los datos (84.73% acumulado ver cuadro 47).

En las seis componentes se observó proporcionalidad en los datos y no se encuentran variables que indiquen una alta contaminación

Las variables con mayor distancia al origen en el eje uno explican en mayor cuantía su varianza específica. Tal es el caso de los sólidos totales y sólidos disueltos en la figura 2. Estas variables conjugaron la mayor cantidad de correlaciones y por ello dominan en conjunto los resultados del primer componente.

La proximidad de variables en el plano cartesiano denota correlación entre ellas; es el caso de DQO con DBO, fenoles con Saam y hidrocarburos totales, grasas y aceites con hidrocarburos petrogenicos y sólidos suspendidos.

Las variables que se manifiestan opuestas indican correlación negativa por ejemplo el oxígeno disuelto frente a fenoles y el pH frente al DQO en la figura 2.

9.4.2 Unión de las salidas de los separadores API (Plantas de Refinados)

En las plantas de refinados se establecieron nueve componentes, de las cuales tres fueron las que reportaron alta varianza en los datos (77.26% acumulado ver cuadro 49).

En los tres componentes se observó proporcionalidad en los datos y no se encuentran variables que indiquen una alta contaminación

Las variables con mayor distancia al origen en el eje uno explican en mayor cuantía su varianza específica. Tal es el caso de los sólidos suspendidos, sólidos totales, grasas y aceites y conductividad como se observa en la figura 3. Estas variables conjugaron la mayor cantidad de correlaciones y por ello dominan en conjunto los resultados del primer componente.

La proximidad de variables en el plano cartesiano denota correlación entre ellas; es el caso de las variables anteriores.

Las variables que se manifiestan opuestas indican correlación negativa por ejemplo el oxígeno disuelto frente a fenoles y el pH frente a conductividad.

9.5 ANÁLISIS DE LOS CUADROS DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICO) DE LOS CUERPOS RECEPTORES Y DE LOS VERTIMIENTOS DE LAS PLANTAS

El análisis de resultados de los diferentes parámetros evaluados, se realizó teniendo en cuenta los criterios establecidos por la reglamentación vigente sobre residuos líquidos contenida en el Decreto 1594/84. Para vertimientos a un cuerpo receptor de agua, la norma no establece valores o rangos de aceptación para algunos de los parámetros analizados, tales como: Conductividad, Dureza, alcalinidad, coliformes totales y DQO. Para estos parámetros, se utilizan como referencia los valores establecidos por el ICP con base en criterios de entidades internacionales y normas de países latinoamericanos como las de Argentina y Costa Rica.

9.5.1 Cuerpos receptores de las plantas de crudos

Planta Araguaney

Cuerpo receptor.

Año 1996

No se pudo analizar ,porque no se contó con los monitoreos de ese año.

Año 1997

No se pudo evaluar aguas arriba por falta de datos, pero aguas abajo no se detectó un índice alto de contaminación.

1999 – 2000

A partir del año 1999 hasta el 2000 no se pudieron calcular los ICO aguas arriba y abajo de la quebrada, por falta de datos. Pero analizando los resultados de la condición de aceptación del vertimiento (C.A ICO) de la planta, los cuales están en el rango aceptable (abajo de 0.4), se concluye que la planta no aporta un vertimiento contaminado por la actividad operacional.

Planta Miraflores

Cuerpo receptor

Año 1996

Aguas abajo no se detectó contaminación, aguas arriba se encontró contaminación alta por sólidos suspendidos, debido a que la concentración promedio de ese año estuvo del rango de 309,67 mg/L, sin embargo el dato de condición de aceptación (C.A ICOSUS) es bajo lo que indica que el cuerpo receptor no es afectado por la alta concentración de sólidos.

Año 1997

Aguas arriba y aguas abajo se detectó contaminación media por sólidos suspendidos, ya que la concentración promedio de ese año estuvo por encima de los 180 mg/L. Los índices de aceptación del vertimiento son bajos por lo que indica que el cuerpo receptor tiene capacidad para recibir el vertimiento aportado por la planta.

Año 1998

No se evaluó porque no se contó con los monitoreos de ese año.

Año 1999

Solo aguas arriba se detectó un índice medio de contaminación por materia orgánica. Aguas abajo no se encontró contaminación por ningún otro índice.

Año 2000

Según los resultados no se detectó contaminación por vertimientos industriales, en el cuerpo receptor tanto aguas arriba como aguas abajo, pero en el vertimiento de la planta se encontró contaminación por materia orgánica sin embargo esta no afectó la condición de aceptación del vertimiento (C.A ICOMO) ya que el caudal del vertimiento es muy bajo en comparación con el del cuerpo receptor.

Planta Porvenir

Cuerpo receptor

Año 1996-1997

Aguas arriba se presentó contaminación media por materia orgánica, debido a que la concentración promedio de coliformes totales de esos dos años está por encima de 90000 NPM /100mg/L, aguas abajo no se presentó contaminación. El vertimiento de la planta en el año 1997 presentó alta contaminación por materia orgánica, pero esta contaminación no es significativa, ya que aguas abajo no se presenta contaminación alta por materia orgánica.

Año 1998

No se calcularon los índices porque no se contó con los monitoreos de ese año

1999-2000

Aguas arriba y aguas abajo no se detectó contaminación. Los índices de contaminación del vertimiento son bajos lo cual indica que el cuerpo receptor tiene la capacidad para recibir el vertimiento aportado por la planta, según los resultados obtenidos por los C.A ICO.

9.5.2 Cuerpos receptores de las Plantas de Refinados

Planta Puerto Salgar

Cuerpo receptor

Año 1996

Aguas arriba y aguas abajo se detectó contaminación media por materia orgánica, debido a que la concentración promedio de ese año de coliformes totales se encontró por encima de 15000NMP/100ml. Se encontró contaminación muy alta por materia orgánica en el vertimiento de la planta, sin embargo esta contaminación no es significativa si se tiene en cuenta el valor de la condición de aceptación del vertimiento C.A ICOMO que es menor a 0.4.

Año 1997

Aguas arriba y aguas abajo se encuentra contaminación alta por mineralización, debido a que la concentración promedio de ese año para aguas arriba de conductividad es de (426,83 μ /cm) y dureza de (168mg/L). Aguas abajo la concentración promedio de conductividad estuvo en (254 μ /cm) y la dureza en (133.33 mg/L).

El vertimiento mostró contaminación muy alta por materia orgánica, esto indica que el cuerpo receptor no está en condición de recibir este vertimiento, ya que el C.A ICOMO reportó un rango no aceptable (mayor a 0.4). Lo anterior se debe a que el caudal del vertimiento es mucho mayor (2.13 L/s) que el caudal aguas arriba del cuerpo receptor (1.58 L/s).

Año 1998

Aguas arriba y aguas abajo se encontró contaminación media por materia orgánica, debido a que la concentración promedio de ese año para aguas arriba de DBO es de 25.67 mg/L y aguas abajo la DBO es de 28 mg/L. El vertimiento de la planta reportó contaminación alta por materia orgánica, sin embargo esta contaminación no es significativa si se tiene en cuenta el resultado del C.A ICOMO, el cual es menor de 0.4.

Año 1999

Aguas arriba y en el vertimiento de la planta se encontró contaminación media por materia orgánica y persistió aguas abajo, sin embargo analizando el resultado del C.A ICOMO de ese año se concluye que el vertimiento no está afectando al cuerpo receptor porque el caudal de este es mayor que el del vertimiento.

Planta Manizales

Cuerpo receptor

Año 1996

Por falta de datos no se evaluó la calidad del cuerpo receptor aguas arriba. Se encontró contaminación media por materia orgánica y mineralización aguas abajo, sin embargo esta contaminación no afectó al cuerpo receptor, según los resultados en la condición de aceptación del vertimiento (C.A ICOMI y C.A ICOMO).

Año 1997

No se evaluaron los cálculos de los ICO, por falta de datos.

Año 1998

Se encontró contaminación muy alta por mineralización y materia orgánica aguas arriba y aguas abajo. Aguas arriba esta contaminación es generada por las altas concentraciones encontradas de conductividad (597 μ /cm), dureza (367 mg/L), alcalinidad(462mg/L),DBO (468 mg/L) y coliformes totales (23000 NMP/100ml). Aguas abajo la contaminación es generada por las altas concentraciones de conductividad (605 μ /cm),dureza (378 mg/L),alcalinidad (485 mg/L),DBO(456mg/L) y coliformes totales (23000NMP/100ml).

En el vertimiento persiste la contaminación por mineralización. No se evaluó la condición de aceptación del vertimiento porque no se contó con los datos del caudal aguas arriba del cuerpo receptor.

Año 1999

Aguas arriba y aguas abajo se reportaron altas concentraciones de sólidos suspendidos, concentraciones que superan los 340 mg/L, lo cual indica un índice de contaminación alto por sólidos suspendidos. Aguas abajo se encontró contaminación alta por materia orgánica, debido a la alta concentración de DBO (420mg/L), el análisis de la condición de aceptación del vertimiento de la planta mostró un rango no aceptable por contaminación de materia orgánica, esto indica que el cuerpo receptor no está en condición de recibir este vertimiento, ya que el rango supera el valor de 0.4 debido a que el caudal del vertimiento es muy superior al del cuerpo receptor.

Año 2000

Aguas arriba se reportó contaminación alta por materia orgánica y media por mineralización ., aguas abajo persistió la contaminación por materia orgánica debido a la contribución del vertimiento que también registró un índice alto de contaminación por materia orgánica, sin embargo este comportamiento no afectó los índices C.A ICO que para todos los casos no registraron ninguna contaminación.

Planta Mansilla

Cuerpo receptor

Año 1996- 1998-1999

Aguas arriba y aguas abajo se encontró contaminación media por materia orgánica, debido a que la concentración promedio anual de DBO aguas arriba es de 28.33 mg/L y aguas abajo es de 42 mg/L. En el año 1999 no se encontró contaminación por ningún índice.

No se calculó ningún índice de contaminación para el vertimiento, ya que la planta Mansilla cuenta con un sistema de recirculación de aguas que no permite que haya vertimiento al cuerpo receptor.

9.6 ANÁLISIS DE LAS FIGURAS DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS Y CUERPOS RECEPTORES DE LAS PLANTAS

9.6.1 Análisis de los vertimientos y cuerpos receptores de las plantas de crudos Planta Araguaney (Quebrada el Turrón)

Índice de contaminación por mineralización (Figura 4)

Aguas abajo no se presentó ninguna contaminación. En el vertimiento se presentó contaminación baja en el año 1998. El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca alta.

Índice de contaminación por materia orgánica (Figura 5)

El vertimiento en el año 1997 reporta un alto contenido de materia orgánica, sin embargo observando el comportamiento aguas abajo del cuerpo para ese mismo año se concluye que el vertimiento no afecta al cuerpo, porque el índice por materia orgánica es bajo.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca alta .

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 6)

No muestra ninguna contaminación el vertimiento ni aguas abajo. Por lo tanto la calidad del afluente es buena.

Planta Miraflores (Quebrada Guamalera)

Índice de contaminación por mineralización (Figura 7)

Tanto aguas arriba como aguas abajo y en el vertimiento de la planta no se presenta contaminación por mineralización.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca alta .

Índice de contaminación por materia orgánica (Figura 8)

La figura muestra que en el vertimiento se presenta contaminación media por materia orgánica desde el año 1996 hasta el año 1998 y llega a alta en el año 1999, tal comportamiento no influye en el cuerpo receptor porque aguas abajo presenta contaminación baja, excepto en el año 1997 que es media.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 9)

Aguas arriba se encontró alta la contaminación por sólidos suspendidos en el año 1996 y fue disminuyendo en los siguientes años hasta llegar a ninguna contaminación en el año 2000. Se observa también que la contaminación por sólidos suspendidos ha sido generada por factores externos ya que el vertimiento en todos los años ha mostrado un comportamiento de ninguna contaminación.

Planta Porvenir (Quebrada la pedregosa).

Indice de contaminación por mineralización (Figura 10)

El comportamiento del vertimiento no es estacional va en un rango de ninguna a baja contaminación este comportamiento no afecta al cuerpo receptor ya que aguas arriba y aguas abajo no se presenta ninguna contaminación.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca alta .

Indice de contaminación por materia orgánica (Figura 11)

El vertimiento en el año 1997 presentó contaminación alta y disminuyó en el año 1999 y 2000, esta contaminación no afectó al cuerpo receptor ya que aguas abajo se encuentran en rangos de contaminación bajos.

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 12)

Solo el vertimiento mostró una tendencia de baja contaminación, aguas arriba y aguas abajo no se presento ninguna contaminación.

9.6.2 Análisis de los vertimientos y cuerpos receptores de las plantas de refinados

Planta Puerto Salgar (Quebrada el Guanabano)

Índice de contaminación por mineralización (Figura 16)

En esta figura se observa claramente que en el año 1997 la contaminación fue generada por otros factores independientes al vertimiento de la planta, ya que el vertimiento se encuentra en un rango de baja contaminación.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca media, lo que indica que el cuerpo está siendo afectado porque la quebrada el Guanabano es una cuenca alta. .

Índice de contaminación por materia orgánica (Figura 17)

El comportamiento de la figura muestra que el vertimiento afecta directamente el cuerpo receptor porque el índice del vertimiento incide en el índice aguas abajo para todos los años.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 18)

No se presenta contaminación por sólidos suspendidos en el vertimiento de la planta, ni aguas arriba y aguas abajo del cuerpo receptor.

Planta Manizales (Quebrada Manizales)

Índice de contaminación por mineralización (Figura 19)

Aguas arriba y en el vertimiento en el año 1998 se presentó un índice muy alto de contaminación y este persistió aguas abajo ,sin embargo la contaminación que se presenta en el cuerpo receptor no es generada totalmente por el vertimiento de la planta ya que aguas arriba ya venía contaminada.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca media .

Índice de contaminación por materia orgánica (Figura 20)

El vertimiento muestra un índice bajo en el año 1996 y va creciendo hasta llegar a un nivel alto en el año 2000, este comportamiento incide en la contaminación que presenta el cuerpo receptor aguas abajo en el año 1998 y 2000 ya que en esos mismos años el cuerpo aguas arriba ya venía contaminado.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 21)

En el año 1999 se observa una contaminación muy alta aguas arriba y aguas abajo del cuerpo receptor, pero esta contaminación es generada por factores externos y no por el vertimiento de la planta, ya que el comportamiento del vertimiento en todos los años evaluados no presenta ninguna contaminación.

Planta Mansilla (Quebrada Mansillita).

La quebrada Mansillita pasa por la mitad de la planta.

Índice de contaminación por mineralización (Figura 22)

No se presenta ninguna contaminación aguas arriba y abajo del cuerpo receptor.

El índice se encuentra en el comportamiento de una cuenca alta .

Índice de contaminación por materia orgánica (Figura 23)

Aguas arriba no se presenta ninguna contaminación, aguas abajo se presenta contaminación media, pero esta contaminación es generada por factores externos ya que la planta Mansilla no aporta ningún vertimiento al cuerpo.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (Figura 24)

No se presenta ninguna contaminación aguas arriba y abajo del cuerpo receptor.

9.7 ANÁLISIS DE LAS FIGURAS DE LA CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DEL VERTIMIENTO (C.A) DE LAS PLANTAS DE CRUDOS Y REFINADOS

Para este análisis se tomaron como base los criterios del ICP (Instituto Colombiano del Petróleo), acerca del rango de aceptación de los vertimientos para los cuerpos receptores.

Según el ICP el rango aceptable es hasta 0.4.

9.7.1 Condición de aceptación del vertimiento (C.A) de las Plantas de crudos

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOMI (Figura 13)

El comportamiento de la figura muestra que el vertimiento de cada planta se encuentra en un rango aceptable, lo cual indica que los cuerpos receptores tienen la capacidad de recibir estos vertimientos.

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOMO (Figura 14)

El comportamiento de la figura muestra que el vertimiento de cada planta se encuentra en un rango aceptable, lo cual indica que los cuerpos receptores tienen la capacidad de recibir estos vertimientos.

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOSUS (Figura 15)

El comportamiento de la figura muestra que el vertimiento de cada planta se encuentra en un rango aceptable, lo cual indica que los cuerpos receptores tienen la capacidad de recibir estos vertimientos.

9.7.2 Condición de aceptación del vertimiento (C.A)de las Plantas de refinados

Para la planta Mansilla no se realizó este análisis porque esta no produce vertimiento al cuerpo receptor.

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOMI (Figura 25)

Las plantas Manizales y Puerto Salgar, presentan rangos aceptables de contaminación en la condición de aceptación, esto indica que los cuerpos receptores tienen la capacidad de recibir estos vertimientos.

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOMO (Figura 26)

En el año 1997 la planta Puerto Salgar, presenta un rango por encima de 0.4, lo mismo sucede en la planta Manizales en el año 1999, este comportamiento es generado porque para ambas plantas en esos años el caudal de vertimiento es mayor que el del cuerpo receptor.

Condición de aceptación del vertimiento C.A ICOSUS (Figura 27)

Las plantas Manizales y Puerto Salgar, presentan rangos aceptables en la condición de aceptación del vertimiento, esto indica que los cuerpos receptores tienen la capacidad de recibir la concentración de sedimentos presentes en estos vertimientos.

9.8 SELECCIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO, PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES

Para establecer los indicadores de desempeño se tomaron criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico, tomando como referencia el artículo 15 del acuerdo 58 de la CAR, Decreto 1594/84 del Ministerio de Salud y para hidrocarburos totales se

tomó como referencia el parámetro establecido por el Decreto 1333/94 de Argentina (<30 mg/L), ya que no existe una referencia en la legislación Colombiana.

Mediante la evaluación de los cuadros de intervalos de confianza, se analizaron las concentraciones medias encontradas para las plantas de la VIT para los parámetros fenoles, grasas y aceites, DQO, hidrocarburos totales. Teniendo en cuenta la operación de la VIT (transporte de hidrocarburos), estos parámetros son los que indican si el vertimiento está contaminando el cuerpo receptor.

El vertimiento de los sistemas de tratamiento de las plantas de refinados y crudos, muestran medias de concentración bajas para DQO (102.5 y 42.6 mgr/L respectivamente) con respecto a los criterios establecidos por la legislación Argentina (<250mg/L). Las medias de concentración de Grasas y aceites para refinados y crudos (11.99 y 2.90 mg/l respectivamente) son bajas con respecto a la legislación de Costa Rica (<30mg/L) y aceptables con respecto a Argentina (<10 mg/L). La media de concentración para hidrocarburos Totales en las plantas de refinados no se analizó por falta de datos; para las plantas de crudos la media de concentración (1.34 mg/L), es baja con respecto a la legislación Argentina (<30mg/L).

Las medias de concentración para fenoles en plantas de refinados (0.06 mg/L) es baja con respecto a la legislación Colombiana (<0.2) y a la de Argentina (<0.5mg/L). Para las plantas de crudos la media de concentración (0.64mg/L) es alta con respecto a la legislación Colombiana y a la Argentina.

Mediante el análisis de los cuadros de Pareto, se obtuvieron los rangos más frecuentes de concentración de los parámetros Grasas y aceites, DQO e hidrocarburos Totales para las plantas de crudos y refinados.

Para la variable de DQO el 56.1% de los datos de concentración son inferiores a 30 mg/L, lo cual indica un nivel aceptable según la norma de vertimientos de la CAR para la planta Puerto Salgar (Auto 2194 de 1995).

Las concentraciones observadas de Hidrocarburos Totales muestran que el 95% de los datos son inferiores a 20 mg/L, lo cual indica un nivel aceptable dado que la norma Argentina exige un valor (<30mg/L). En el 99% de los casos las concentraciones son inferiores 54 mg/L, ver cuadro de Pareto No 52.

Las concentraciones observadas de Grasas y aceites muestran que el 60% de los datos son inferiores a 2.7 mg/L, lo cual indica un nivel aceptable según la norma de Costa Rica que exige (30 mg/L). En el 77.8% de los casos las concentraciones son inferiores 7.38 mg/L, el cual es aceptable según la norma Argentina (<10 mg/L), ver cuadro de Pareto No 53.

La norma Colombiana exige valores de remoción de Grasas y aceites mayores al 80%, pero no indica valores de concentración, por lo cual se sugiere un valor aceptable de referencia de 30 mg/L, ya que se garantiza que el 91.7% de los datos cumplirían con este parámetro.

Cuadro 87. Indicadores de desempeño para los sistema de tratamiento de las plantas de crudos y refinados

Parámetro	Concentración esperada aceptable o indicador de desempeño según los resultados de los cuadros de Pareto (mg/L)	Valor máximo de concentración según la norma (mg/L)
DQO	30	* 40
Hidrocarburos Totales	20	* <30
Grasas y aceites	2.7	* 30 * 10

* Auto 2194/95 CAR

* Decreto 1333/94 Argentina.

* Ministerio de Salud, Ambiente y Energía de Costa Rica.

9.9 ANÁLISIS DE BENEFICIO - COSTO DEL ESTUDIO

Beneficios

Como objetivo general del estudio se planteó determinar los parámetros que son significativos en la evaluación de los vertimientos de las plantas. Con base en los análisis estadísticos del comportamiento de los diferentes parámetros fisicoquímicos se determinó que algunos de ellos no presentan concentraciones significativas y adicionalmente se estableció que algunas variables no corresponden a la composición fisicoquímica de los

productos que se manejan en las plantas (crudos y refinados). Con base en lo anterior, se recomienda no incluir en los monitoreos periódicos de las plantas las siguientes variables, logrando de esta manera una reducción significativa de los costos para la Vicepresidencia de Transporte:

Para sistemas de tratamiento (crudos y refinados):

1. Acidez
2. Turbiedad
3. Dureza total
4. Sulfuros
5. Sulfatos
6. Fosfatos
7. Nitritos
8. Nitratos
9. Sólidos disueltos
10. Sólidos sedimentables
11. Cromo
12. Mercurio
13. Plomo
14. Cobre
15. Vanadio
16. Molibdeno
17. Níquel
18. Cadmio

19. Cloro
20. Hierro total
21. Arsénico
22. Bario
23. Selenio
24. Zinc
25. SAAM
26. Hidrocarburos petrogénicos
27. Nitrógeno amoniacal

Para cuerpos receptores (quebradas, ríos y lagos):

1. Sólidos sedimentables
2. Turbiedad
3. Cloro
4. Fosfatos
5. Cadmio
6. Hierro total
7. Arsénico
8. Bario
9. Cobre
10. Mercurio
11. Selenio
12. Plomo
13. Cromo
14. Vanadio

15. Cloruros
16. Hidrocarburos petrogénicos
17. Zinc
18. Nitritos
19. Nitratos
20. Níquel
21. Hidrocarburos totales

Beneficio estimado costos anuales:

Tomando como base cotizaciones recibidas en el año 2000 para la realización de monitoreos en las plantas de crudos y refinados, en la tabla siguiente se presentan los costos unitarios para cada uno de los parámetros que se recomienda eliminar. Adicionalmente se indica el número de ensayos que se realiza cada día de muestreo, el número de días de muestreo, los puntos de muestreo y el número de plantas monitoreadas por año, para obtener el total ahorrado por parámetro.

Sistemas de tratamiento:

Ver cuadro

Cuadro 88. (Beneficio-costo, para el sistema de tratamiento)

PARÁMETRO	VALOR UNITARIO (\$COL – 2000)	PERIODICIDAD EL DIA DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO	PUNTOS DE MUESTREO	PLANTAS MONITOREADAS POR AÑO	TOTAL
Acidez	1.000	2	3	2	59	708.000
Turbiedad	4.500	2	3	2	59	3.186.000
Dureza total	4.500	2	3	2	59	3.186.000
Sulfuros	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Sulfatos	6.000	1	3	2	59	2.124.000
Fosfatos	6.000	1	3	2	59	2.124.000
Nitritos	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Nitratos	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Cloruros	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Sólidos disueltos	7.500	1	3	2	59	2.655.000
Sólidos sedimentables	7.500	1	3	2	59	2.655.000
Cromo	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Mercurio	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Plomo	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Cobre	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Vanadio	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Molibdeno	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Níquel	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Cadmio	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Cloro	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Hierro total	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Arsénico	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Bario	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Selenio	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Zinc	10.800	1	3	2	59	3.823.200
Hid. Petrogenicos	128.000	1	3	2	59	45.312.000
Nitrógeno amoniacal	7.000	1	3	2	59	2.478.000
SAAM	25.000	1	3	2	59	8.850.000
Total						136.714.800

NOTA:

El número de plantas monitoreadas por año se calculó teniendo en cuenta que seis plantas del área andina son monitoreadas una vez al año, 16 plantas del área occidente, magdalena y caribe dos veces al año y siete plantas de crudos tres veces al año (Total plantas monitoreadas al año 59)

Cuadro 89. (Beneficio-costo, para el cuerpo receptor, ríos, lagos)

PARÁMETRO	VALOR UNITARIO (\$COL – 2000)	PERIODICIDAD EL DIA DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO	PUNTOS DE MUESTREO	MONITOREOS POR AÑO	TOTAL
Plomo	10800	1	3	2	59	3823200
Sólidos sedimentables	7500	1	3	2	59	2655000
S.disueltos	7500	1	3	2	59	2655000
Cloro	10800	1	3	2	59	3823200
Turbiedad	4500	2	3	2	59	3186000
Fosfatos	6000	1	3	2	59	2124000
Cadmio	10800	1	3	2	59	3823200
Hierro total	10800	1	3	2	59	3823200
Arsénico	10800	1	3	2	59	3823200
Bario	10800	1	3	2	59	3823200
Cobre	10800	1	3	2	59	3823200
Mercurio	10800	1	3	2	59	3823200
Selenio	10800	1	3	2	59	3823200
Cromo	10800	1	3	2	59	3823200
HAP	128000	1	3	2	59	45312000
Hidrocarburos petrogénicos	128000	1	3	2	59	45312000
Hidrocarburos totales	35000	1	3	2	59	12390000
Zinc	10800	1	3	2	59	3823200
Nitritos	7000	1	3	2	59	2478000
Cloruros	7000	1	3	2	59	2478000
Vanadio	10800	1	3	2	59	3823200
Nitratos	7000	1	3	2	59	2478000
Níquel	10800	1	3	2	59	3823200
Total						170769600

De acuerdo con los resultados de los cuadros anteriores, al eliminar los parámetros indicados de los monitoreos de sistemas de tratamiento y de cuerpos receptores, se obtiene una reducción significativa de costos directos para la Vicepresidencia de Transporte, estimada en \$307.484.400 al año (\$ año 2000). Los costos indirectos (AIU – Administración, Imprevistos y Utilidades) que cobran las compañías que adelantan los

muestreos y ensayos, es en promedio del 20%, que corresponde a un valor de \$61.496.880, para un total de \$368.981.280. Adicionalmente, al hacer monitoreo solamente de aquellos parámetros que son significativos, se facilita el control y seguimiento y se orientan las acciones correctivas y preventivas hacia los aspectos relevantes de la operación.

El costo de los monitoreos de los parámetros que sí deben continuar evaluándose porque pertenecen a la composición fisicoquímica de los productos que la empresa maneja, se calcula en los siguientes cuadros:

Cuadro 90. Costos para los sistemas de tratamiento

PARÁMETRO	VALOR UNITARIO (\$COL – 2000)	PERIODICIDAD EL DIA DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO	PUNTOS DE MUESTREO	MONITOREOS POR AÑO	TOTAL
PH	1.000	3	3	2	59	1.062.000
Temperatura (T)	5.000	2	3	2	59	3.540.000
Conductividad (Cond)	2.000	2	3	2	59	1.416.000
Oxígeno Disuelto (OD)	4.500	2	3	2	59	3.186.000
Caudal (Q)		1	3	2	59	
Sólidos Suspendidos (SS)	7.500	1	3	2	59	2.655.000
Sólidos Totales (ST)	7.500	1	3	2	59	2.655.000
Hidrocarburos totales por cromatografía	35.000	1	3	2	59	12.390.000
Hidrocarburos aromáticos polinucleares	128.000	1	3	2	59	45.312.000
Grasas y aceites (G/A)	32.000	1	3	2	59	11.328.000
Fenoles totales(F)	20.000	1	3	2	59	7.080.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	34.500	1	3	2	59	12.213.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	25.000	1	3	2	59	8.850.000
Alcalinidad	2.000	2	3	2	59	1.416.000
Coliformes totales (Colif/100ml)	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Coliformes fecales (Colif/100 ml)	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Total						118.059.000

Cuadro 91. Costos para cuerpos receptores

PARÁMETRO	VALOR UNITARIO (\$COL – 2000)	PERIODICIDAD EL DIA DE MUESTREO	DIAS DE MUESTREO	PUNTOS DE MUESTREO	MONITOREOS POR AÑO	TOTAL
PH	1.000	3	3	2	59	1.062.000
Temperatura (T)	5.000	2	3	2	59	3.540.000
Conductividad (Cond)	2.000	2	3	2	59	1.416.000
Oxígeno Disuelto (OD)	4.500	2	3	2	59	3.186.000
Caudal (Q)	-	1	3	2	59	-
Sólidos Suspendidos (SS)	7.500	1	3	2	59	2.655.000
Grasas y aceites (G/A)	32.000	1	3	2	59	11.328.000
Fenoles totales(F)	20.000	1	3	2	59	7.080.000
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	34.500	1	3	2	59	12.213.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	25.000	1	3	2	59	8.850.000
Alcalinidad	2.000	2	3	2	59	1.416.000
Dureza	2.000	1	3	2	59	708.000
Fósforo Total	6.000	1	3	2	59	2.124.000
SAAM	25.000	1	3	2	59	8.850.000
Coliformes totales (Colif/100ml)	7.000	1	3	2	59	2.478.000
Coliformes fecales (Colif/100 ml)	7.000	1	3	2	59	2.478.000
TOTAL						69.384.000

El valor estimado de los monitoreos por año para los parámetros que deben continuar evaluándose es de \$187.443.000 más un 20% de AIU, corresponde a \$224.931.600.

De esta manera, el beneficio que se obtiene al aplicar las recomendaciones del estudio significa que de un valor global estimado de monitoreos anuales de \$593.912.880, se pasaría a un valor de \$224.931.600, es decir un ahorro del 62% por año.

Para hacer efectivos estos resultados es necesario adelantar las gestiones ante las corporaciones regionales y el Ministerio de Medio del Ambiente para que, ilustrándolos sobre los resultados del estudio, se pronuncien de manera favorable en el sentido de limitar los monitoreos a los parámetros significativos.

10. CONCLUSIONES

- De los cuarenta y dos parámetros fisicoquímicos que las autoridades ambientales exigen monitorear para **sistemas de tratamiento**, solo quince se deben monitorear según el análisis estadístico y conceptual de los parámetros fisicoquímicos evaluados durante los últimos cuatro años. Dichos parámetros son: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, sólidos totales, hidrocarburos totales, hidrocarburos aromáticos polinucleares, grasas y aceites, fenoles totales, DQO, DBO, alcalinidad, coliformes totales y coliformes fecales

- De los treinta y seis parámetros fisicoquímicos que las autoridades ambientales exigen monitorear para **cuerpos receptores**, solo quince se deben monitorear según el análisis estadístico y conceptual de los parámetros fisicoquímicos evaluados durante los últimos cuatro años. Dichos parámetros son: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, grasas y aceites, fenoles totales, DQO, DBO, alcalinidad, dureza, fósforo total, SAAM, coliformes totales y coliformes fecales.

- • Los Índices de Contaminación mostraron su aplicabilidad en la determinación de la calidad de los vertimientos de las plantas de la VIT.

- Durante los cuatro años evaluados para las plantas de crudos, los índices de contaminación por mineralización y sólidos suspendidos en el vertimiento de la planta, no registraron contaminación.
- Las tres plantas de crudos registraron por lo menos durante un año un índice alto de contaminación por materia orgánica.
- Los valores de contaminación por materia orgánica en las plantas de crudos, en ningún caso llevaron al cuerpo receptor a rangos no aceptables de contaminación, de acuerdo con la metodología de análisis recomendada por el ICP, principalmente por efecto de dilución de las concentraciones en los mayores caudales de los cuerpos receptores.
- Durante los cuatro años evaluados para las plantas de refinados, los índices de contaminación por mineralización y sólidos suspendidos en el vertimiento de la planta, solamente registraron contaminación en un año por mineralización.
- Las dos plantas de refinados Puerto Salga y Mansilla registraron por lo menos durante un año un índice alto de contaminación por materia orgánica.
- De acuerdo con la metodología de análisis recomendada por el ICP, los valores de contaminación por materia orgánica en las plantas de refinados, llevaron al cuerpo receptor a rangos no aceptables de contaminación en dos años, debido a que para esos años los caudales del vertimiento fueron mayores que los del cuerpo receptor.

- Los parámetros fisicoquímicos representativos de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas aceitosas (DQO, hidrocarburos totales y grasas y aceites) mostraron en conjunto que las concentraciones observadas durante el período evaluado, tanto para crudos como refinados, son inferiores a los valores máximos según normas de referencia de países latinoamericanos.
- Mediante la optimización del análisis de parámetros fisicoquímicos, se pueden obtener reducciones de costos para la Vicepresidencia de Transporte hasta de un 62% del valor de los monitoreos realizados al año, lo cual equivale a una suma aproximada de \$369.000000.
- El análisis conjunto de varianzas de las plantas de crudos y refinados para las concentraciones de los parámetros más significativos (DQO, grasas y aceites e hidrocarburos totales), indica que no existe ninguna diferencia por planta y época .
- Según el análisis de los resultados de las concentraciones de los vertimientos de la planta Puerto Salgar, la planta no puede cumplir con la norma de vertimiento suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, ya que esta norma exige condiciones de agua potable para el vertimiento.

11.. RECOMENDACIONES

- •Se deben incluir los índices de contaminación en la evaluación de los resultados de los monitoreos. Se recomienda estandarizar los parámetros a evaluar en todas las plantas de la VIT, independiente del tipo de producto que se maneje, crudos ó refinados.
- Se debe revisar la frecuencia de los monitoreos, de aquellos parámetros que consistentemente durante el período evaluado no registraron ninguna tendencia de contaminación. Estos son los asociados a la contaminación por mineralización (dureza, alcalinidad y conductividad), por sólidos suspendidos y por pH. Se propone que estos sean monitoreados anualmente.
- Se deben realizar muestreos por lo menos durante las dos épocas (invierno-verano) para que se observen diferencias significativas en los resultados.
- La caracterización fisicoquímica de los parámetros: caudal, fenoles, grasas y aceites, hidrocarburos., debe realizarse con mayor frecuencia, pues estos determinan si hay o no contaminación por las aguas residuales generadas durante la operación de las plantas de almacenamiento y bombeo. Se propone una frecuencia trimestral que podría ampliarse a semestral si se realiza un seguimiento a los resultados de la calidad del vertimiento.

- Se debe hacer gestión con las autoridades ambientales para mostrar los resultados de los estudios y las conclusiones sobre los parámetros que deben ser monitoreados a fin de que dichas autoridades se pronuncien al respecto.
- Las acciones correctivas y preventivas que se generen a partir de los resultados de los monitoreos de los parámetros seleccionados, se deben incorporar en el Sistema de Administración Ambiental, para su seguimiento.

- Se debe realizar un adecuado control e Interventoría de los laboratorios para garantizar la calibración de los equipos utilizados y para evitar que los resultados de los monitoreos presenten valores ó unidades inconsistentes.

- Debido a los altos niveles de contaminación por materia orgánica que se registraron en algunos años, se debe revisar la red de aguas residuales para que no se presente mezcla de aguas residuales domésticas con industriales.

- En razón de la discontinuidad de los vertimientos, para que la caracterización de los mismos y su impacto en los cuerpos receptores sea significativa, las actividades de monitoreo deben ser programadas para que el día que se realicen se presente actividad operacional que permita hacer los muestreos correspondientes.

- Cuando se realicen actividades especiales como mantenimiento de tanques ó tratamiento de lodos aceitosos que no corresponden a la actividad operacional diaria, se deben establecer procedimientos para realizar caracterizaciones de las

aguas industriales y los cuerpos receptores, que permitan demostrar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental.

- Se deben establecer procedimientos de operación de los sistemas de tratamiento ó revisar los existentes, para proponer medidas preventivas tales como:
 - 1) Controlar los caudales que entran al sistema, para que estos no superen el caudal de diseño del mismo.
 - 2) Verificar que la corriente de agua que entra, no posea un alto contenido de grasas, para que haya una buena eficiencia.
 - 3) Capacitar a los operadores haciendo énfasis en la necesidad de hacer constante monitoreo de la operación del sistema, para que haya un buen funcionamiento.

- Se debe verificar que el sistema de tratamiento tenga una buena eficiencia independiente de que el cuerpo receptor tenga caudales mayores que el del vertimiento.

BIBLIOGRAFIA

- B.P Exploration Company Colombia. LIDA. Estudio de caracterización de aguas estación El Porvenir: Técnograma, 1995.
- ECOPETROL. Manual de monitoreo biológico con aplicación en al industria de petróleo. Bucaramanga, 1996.
- ECOPETROL. Distrito de Oleoductos. Gestión ambiental en al industria petrolera. Bogotá; 1998.
- ECOPETROL GCB, Índices de Calidad del agua . Barrancabermeja 1996.
- ECOPETROL. El petróleo y su mundo.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Arguaney. Técnograma; 1996.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Arguaney. Técnograma; 1997.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Arguaney. ILAM; 1998.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Araguaney. ILAM; 1999.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Araguaney. ILAM; 2000.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Miraflores. Técnograma; 1996.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Miraflores. Técnograma; 1997.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Miraflores. ILAM; 1998.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Miraflores. ILAM; 1999.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Miraflores. ILAM; 2000.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Porvenir. Técnograma; 1996.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Porvenir. Técnograma; 1997.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Porvenir. ILAM; 1998.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Porvenir. ILAM; 1999.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Porvenir. ILAM; 2000.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Mansilla. PRODYCOM; 1996.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Mansilla. Técnograma; 1997.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Mansilla. Técnograma; 1998.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Mansilla. DAPHNIA; 1999.
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Puerto Salgar. PRODYCOM; 1996.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Puerto Salgar. Técnograma; 1997.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Puerto Salgar. Técnograma; 1998.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Puerto Salgar. DAPHNIA; 1999.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Manizales. Técnograma; 1996.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Manizales. Universidad del Tolima ; 1998.

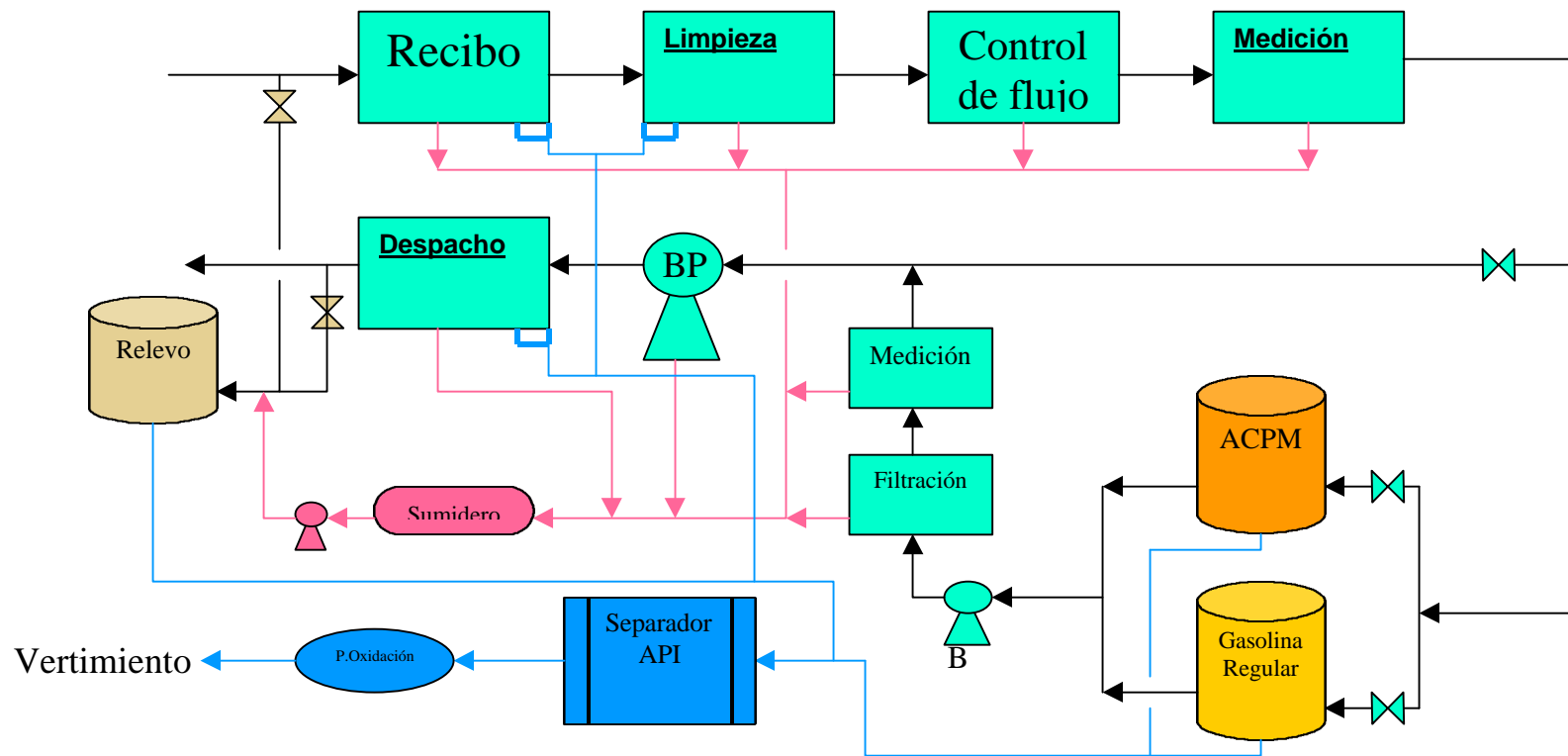
- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Manizales. Universidad del Tolima ; 1999.

- ECOPETROL. Caracterización de las aguas Industriales de la Planta Manizales. Universidad del Tolima ; 2000.

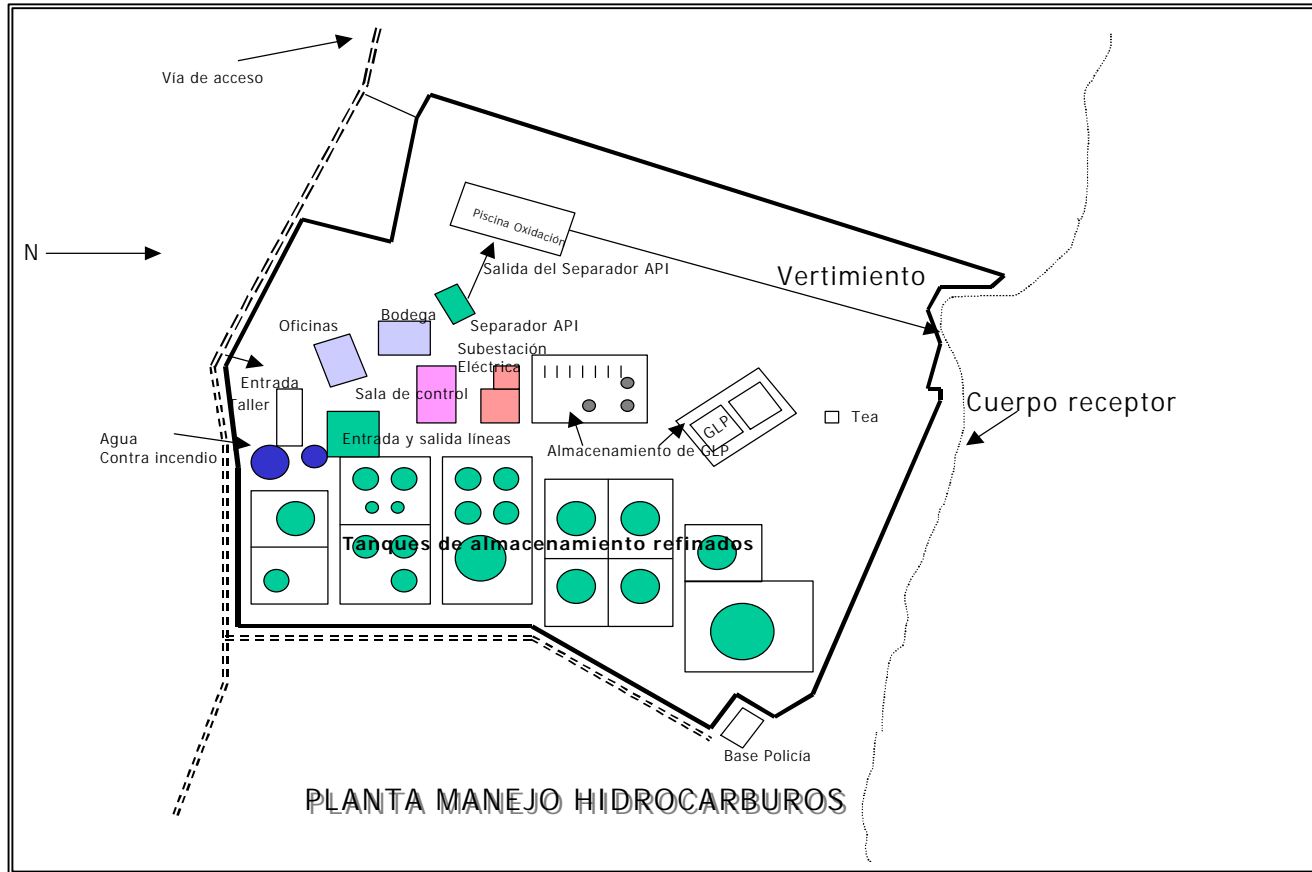
- Guía Básica Ambiental para Estaciones de Bombeo y Almacenamiento. Ministerio del Medio Ambiente. Versión 1 .1999.

- Guía Básica Ambiental para Monitoreo de Aguas. Ministerio del Medio Ambiente. Versión 1. 1998
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado; 2000. NTC. 1486.
- Ministerio de Salud .Decreto 1594/84 Disposiciones Sanitarias sobre agua. Bogotá: 1984.
- Ramírez González Alberto, Viña Vizcaíno Gerardo. Limnología Colombiana, 1ed Febrero de 1998.
- STATGRAPHICS® PLUS for Windows™ Versión 1. Manusgistics® Product 1995 .
- Steel/Torrie. Bioestadística, 2 ed. Bogotá. McGrawHill, 1985.
- William Mendenhall, Terry Sincich. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, 4 ed México. Prentice – Hall, 1997.

A1. Diagrama de flujo del proceso de una Planta típica de manejo de hidrocarburos.



Anexo A2. Plano de distribución espacial de las áreas que conforman una Planta típica de manejo de hidrocarburos.



Anexo B. Cálculos de los índices de contaminación (ICO), propuestos por el ICP Y
MINAMBIENTE

Para los cálculos se deben tener en cuenta los siguientes rangos:

Figura 1. ICOMI			
	Ind. Conductividad	Ind. Dureza	Ind. Alcalinidad
Figura 2. Conductividad > 270 μ /cm	1		
Dureza > 110 mgr/L		1	
Dureza < 30 mgr/L		0	
Alcalinidad > 250 mgr/L			1
Alcalinidad < 50 mgr/L			0

CT: Coliformes totales

Figura 3. ICOMO			
	Ind. DBO	Figura 4. Ind. Coliformes Totales	Figura 5. Ind Oxígeno
DBO > 30 mgr/L	1		
DBO < 2 mgr/L	0		
CT > 20000 NMP/100ml	Figura 6.	1	
Figura 7. CT < 500 NMP/100ml		0	
Oxígeno > 100%			0

ICOSUS	
	Ind. Sólidos suspendidos
Sólidos suspendidos > 340 mgr/L	1
Sólidos suspendidos < 10 mgr/L	0

ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PROPUESTOS POR EL ICP PLANTA ARAGUANAY (QUEBRADA EL TURRON).

Altitud= 268 msnm.

- **Aguas Arriba**

□ Cálculo para el año 1998

Índice de contaminación por mineralización(ICOMI).

$$i.conductividad= 10^{(-3.26+1.34*\log 14.15)} = 0.02$$

$$i.Dureza=10^{(-9.09+4.40*\log 2.83)} = 0.00$$

$$i.Alcalinidad=(-0.25+(0.005*51.83))=0.01$$

$$\text{ICOMI}=(1/3*(i.conductividad+i.Dureza+i.Alcalinidad))$$

$$= (1/3*(0.02+0.00+0.01)).= 0.01$$

Índice de contaminación por Materia orgánica (ICOMO).

$$i.DBO= (-0.05+0.70*\log_{10}(14.33))=0.76$$

$$i.Col.TOT=(-1.44+0.56*\log_{10}(2383.33))=0.45$$

Para hallar el índice de oxígeno se realizan los siguientes cálculos:

Se calcula el porcentaje de saturación del oxígeno, para cada concentración de oxígeno disuelto por época.

Bajo las siguientes condiciones:

TE= grados kelvin.

OP= nivel de saturación del oxígeno.

S= nivel de saturación a 1 atmósfera.

P= presión entre 0 y 2 atmósferas.

PW= presión parcial de vapor de agua.

Temperatura=T= °C.

Altitud=A=msnm.

Cálculos:

$$TE= T+298.15$$

La temperatura T es el promedio de la época 3 o año 1998.

$$TE= 25+273.15=298.15$$

$$PW= 11.8571 - \frac{3840.7}{TE} - \frac{216961}{TE^2} =$$

$$PW=11.8571 \cdot \frac{3840.7}{28.15} - \frac{216961}{298.15^2} =$$

$$PW=e^{PW}=0.031$$

$$O=0.000975-0.00001426T+0.00000006436T^2 =$$

$$O=0.000975-0.00001426(298.15)+0.00000006436(298.15^2)$$

$$O=2.44 \exp-3$$

Para hallar P se debe conocer la altitud a la que se encuentra la planta Araguaney

Altitud= 268msnm.

$$P= 1.000129e^{-0.00012125 \cdot A} = 1.0001629^{-0.00012125 \cdot 268} = 0.969.$$

$$Ss = -139.3441 + \frac{157570.1}{TE} - \frac{66423080}{TE^2} + \frac{12438000000}{TE^3} - \frac{862194900000}{TE^4} =$$

$$Ss = -139.3441 + \frac{157570.1}{298.15} - \frac{66423080}{298.15^2} + \frac{12438000000}{298.15^3} - \frac{862194900000}{298.15^4}$$

$$Ss = 2.11.$$

$$S = e^{Ss} = 8.263.$$

$$OP = S \cdot P \cdot \frac{1 - PW \cdot (1 - (O \cdot P))}{(1 - PW) \cdot (1 - (O \cdot P))} =$$

$$OP = (8.263 \cdot 0.969) \cdot \frac{1 - 0.031 \cdot (1 - (2.44 \exp-3 \cdot 0.969))}{(1 - 0.031) \cdot (1 - (2.44 \exp-3 \cdot 0.969))} =$$

$$OP = 8.2 \text{ (oxígeno de saturación).}$$

El porcentaje de saturación (PS) es entonces:

$$PS = \frac{Ox}{OP} = \frac{14.15}{8.26} = 1.71 = 171.24\%.$$

$$i.\text{oxígeno}\% = 1 - (0.01 \cdot \text{oxígeno}\%) =$$

$$i.\text{oxígeno}\% = 1 - (0.01 \cdot 171.24) = 1$$

$$ICOMO = (1/3 \cdot (i.DBO + i.Col.TOT + i.Oxígeno)) =$$

$$ICOMO = (1/3 \cdot (0.76 + 0.45 + 0.7124)) = 0.74$$

Indice de contaminación por sólidos Suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS = (-0.02 + (0.003 * sólidos suspendidos)), el dato de los sólidos suspendidos es promedio de los sólidos suspendidos del año 1998.

$$ICOSUS = (-0.02 + (0.003 \cdot 6)) = 0.00$$

Indice de contaminación por el PH (ICOPH).

El dato de ph se reemplaza por el promedio de los datos de ph de la época 3.

$$\text{ICOPH} = \frac{e^{-31.08+3.45*ph}}{1 + e^{-31.08+3.45*ph}}$$

$$\text{ICOPH} = \frac{e^{-31.08+3.45*5.47}}{1 + e^{-31.08+3.45*5.47}} = 0.00$$

Indice de contaminación por temperatura (ICOTEM).

No se cálculo este índice ya que no se experimenta un cambio significativo de la variable de temperatura aguas arriba y aguas abajo del cuerpo receptor.

- Aguas Abajo
- Calculo para el año 1997

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.06

i.Dureza=0.00

i.Alcalinidad=0.00

ICOMI= 0.02

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.07

i.Col.TOT= 0.28

Para hallar el índice de contaminación por oxígeno se realizan los siguientes cálculos:

TE= 301.28 °K

PW=0.03

O=2.52 exp-3

Ss=2.055

S= 7.80

OP=7.8

PS=84.85%

i.oxígeno=0.15

ICOMO= 0.17

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.01

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

- Cálculo para el año 1998

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.02

i.dureza=0.00

i.alcalinidad=0.18

ICOMI=0.07

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.38

i.col.TOT=0.42

TE=298.23

PW=0.032

O=2.44exp-3

P=0.96

Ss=2.11

S=8.25

OP=8.24

PS=88.48%

i.oxígeno=0.11

ICOMO=0.30

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Índice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Nota: Para hallar la condición de aceptación del vertimiento **(C.A)**, primero se deben calcular los **(ICO)**, a la salida de los separadores API, de las seis plantas evaluadas.

Salida del separador API.

Altitud: 268 msnm.

- Cálculo para el año 1997

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad: 0.22

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad=0.00

ICOMI=0.07

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.82

i.COL.TOT= 0.67

i.oxígeno= 0.46

ICOMO=0.65

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.01

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Cálculo para el año 1997

Q.vertimiento=3.81L/s

Q.aguas arriba Q.EL TURRON= 2.8L/s

$$C.A = \frac{Q.\text{vertimiento} * ICO.\text{vertimiento}}{Q.\text{aguas arriba} + Q.\text{vertimiento}}$$

$$C.A (ICOMI) = \frac{3.81 * 0.07}{2.8 + 3.81} = -0.04$$

$$C.A (ICOMO) = \frac{3.81 * 0.54}{2.8 + 3.81} = 0.37$$

$$C.A (ICOSUS) = \frac{3.81 * 0.00}{2.8 + 3.81} = 0.00$$

$$C.A (ICOPH) = \frac{3.81 * 0.01}{2.8 + 3.81} = 0.00$$

□ Cálculo para el año 1998

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.14

i.dureza=0.00

i.alcalinidad=0.70

ICOMI=0.28

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.68

i.COL.TOT=0.76

i.OD=0.24

ICOMO= 0.56

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.01

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.01

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Cálculo para el año 1998

Q.vertimiento =8.641L/s

Q.aguas arriba= 88.25L/s

C.A (ICOMI)=0.03

C.A (ICOMO)=0.05

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)=0.00

Nota: Para el año1999 no se calculo el C.A, porque en los monitoreos de ese año no se encontraban los caudales.

□ Calculo para el año 2000

□ **Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).**

i.conductividad=0.08

i.dureza= no se cálculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI=0.03

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.34

i.COL.TOT=0.88

i.OD=0.53

ICOMO= 0.58

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Cálculo para el año 2000

Q.vertimiento = 0.10 L/s

Q.aguas arriba= 115.3 L/S

C.A (ICOMI)=0.00

C.A (ICOMO)=0.00

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)=0.00

PLANTA MIRAFLORES (QUEBRADA GUAMALERA).

Aguas arriba.

altitud=1800 msnm.

□ Cálculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.15

i.dureza=0.01

i.alcalinidad=0.00

ICOMI=0.05

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=-0.00

i.COL.TOT=1

TE=291.03

PW=0.020

O=0.0007

P=0.80

Ss=2.24

S=9.41

OP=9.4

PS=93.82%

i.oxígeno=0.06

ICOMO=0.35

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.91

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Cálculo para el año 1997

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.24

i.dureza=0.01

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.08

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO:0.21

i.COL.TOT=1

TE=292.63

PW=0.022

O=2.31exp-3

Ss=1.68

S=5.39

OP=5.37

PS=121.4

i.oxígeno=0.29

ICOMO=0.50

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.56

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Cálculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.16

i.dureza= no se cálculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.05

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.76

i.COL.TOT=0.70

TE=290.93

PW=0.02

O=2.27exp-3

P=0.80

Ss=2.25

S=9.51

OP=9.50

PS=87.24%

i.oxígeno=0.12

ICOMO=0.53

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.04

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Cálculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.12

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.04

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.42

i.COL.TOT=0.00

TE=295.48

PW= 0.02

O=2.38exp-3

P=0.80

Ss= 2.16

S= 8.68

OP= 8.67

PS= 66.83%

i.oxígeno=0.33

ICOMO= 0.25

Indice de contaminación por sólidos disueltos (ICOSUS).

ICOSUS=0.02

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Aguas abajo

□ Cálculos para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.15

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.05

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.00

i.COL.TOT= 0.13

TE=291.48

PW=0.02

O= 2.28 exp-3

P= 0.80

Ss= 2.24

S= 9.40

OP= 9.39

PS= 91.17%

i.oxígeno= 0.08

ICOMO= 0.00

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.11

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Cálculo para el año 1997

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.21

i.dureza= 0.01

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.07

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.26

i.COLTOT= 0.95

TE=293.1

PW= 0.02

O= 2.32×10^{-3}

P= 0.80

OP= 9.09

PS= 70.7%

i.oxígeno= 0.29

ICOMO= 0.50

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.58

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Cálculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.20

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.07

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.80

i.COLTOT= 0.24

TE= 292.65

PW= 0.02

O= 2.31×10^{-3}

P= 0.80

Ss= 2.21

S= 9.19

OP= 9.18.

PS=90.35

i.oxígeno=0.09

ICOMO=0.38

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.06

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Cálculo para para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.14

i.dureza= no se cálculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.05

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.46

i.COLTOT= 0.12

TE= 295.82

PW= 0.02

O= 2.38×10^{-3}

P= 0.805

Ss= 2.15

OP= 8.6

PS= 67.27%

i.oxígeno= 0.32

ICOMO= 0.30

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.04

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

SALIDA DEL SEPARADOR API.

ALTITUD: 1800 msnm.

□ Cálculo para el año 1996

Indice de contaminación por minaralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.13

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.15

ICOMI=0.10

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.88

i.COLTOT= 0.52

i.OD=0.29

ICOMO=0.56

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.14

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Cálculo para el año 1996

Q.vertimiento= 0.93 L/s

Q.aguas arriba = 144.72 L/s

C.A (ICOMI)=0.00

C.A (ICOMO)=0.00

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)=0.00

□ Calculo para el año 1997

Indice de contaminación por minaralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.43

i.dureza= 0.02

i.alcalinidad= 0.17

ICOMI=0.21

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.71

i.COLTOT= 0.94

i.OD=0.05

ICOMO=0.56

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.06

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.01

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Cálculo para el año 1997

Q.vertimiento=1.14 L/s

Q.aguas arriba = 5.31L/s

C.A (ICOMI)=0.04

C.A (ICOMO)=0.10

C.A (ICOSUS)= 0.01

C.A (ICOPH)=0.00

□ Calculo para el año 1999

Indice de contaminación por minaralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.33

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.15

ICOMI=0.16

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 1

i.COLTOT= 0.75

i.OD=0.20

ICOMO=0.65

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.05

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A)

- Calculo para el año 1999

Q.vertimiento=1.21 L/s

Q.aguas arriba= 64.82L/s

C.A (ICOMI)= 0.00

C.A (ICOMO)=0.01

C.A (ICOSUS)=0.00

C.A (ICOPH)=0.00

- Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.49

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.26

ICOMI=0.25

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.69

i.COLTOT= 0.53

i.OD=0.59

ICOMO=0.60

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.07

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A)

- Calculo para el año 2000

Q.vertimiento= 0.38 L/s

Q.aguas arriba= 169.12L/s

C.A (ICOMI)= 0.00

C.A (ICOMO)=0.00

C.A (ICOSUS)=0.00

C.A (ICOPH)=0.00

• PLANTA EL PORVENIR (QUEBRADA LA PEDREGOSA).

Altitud: 1132msnm.

Aguas arriba

□ Cálculo para el año 1996

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.01

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI=- 0.00

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.48

i.COLTOT= 1

TE=295.45

PW=0.02

O=2.37exp-3

P= 0.87

Ss= 2.16

S= 8.69

OP= 8.69

PS= 85.73%

i.oxígeno= 0.14

ICOMO=0.54

Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Índice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Cálculo para el año 1997

Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.03

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad=-0.00

ICOMI=-0.01

Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.29

i.COLTOT=0.81

TE=298.02

PW= 0.03

O= 2.44exp-3

P= 0.87

Ss= 2.11

S= 8.28

OP= 8.28

PS= 83.52%

i.oxígeno= 0.16

ICOMO=0.42

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.09

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Calculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.09

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad=-0.00

ICOMI=0.03

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.42

i.COLTOT= 0.00

TE= 297.32

PW=0.02

O= 2.42exp-3

P=0.87

Ss= 2.12

S= 8.392

OP= 8.39

PS=90.20%

i.oxígeno= 0.09

ICOMO= 0.17

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

AGUAS ABAJO

□ Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.02

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad=0.00

ICOMI= 0.01

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.54

i.COLTOT= 0.12

TE=295.22

PW= 0.02

O= 2,37exp-3

P= 0.87

Ss= 2.16

S= 8.73

OP= 8.73

PS= 84.19%

i.oxígeno= 0.15

ICOMO= 0.27

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.01

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1997

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.04

i.dureza=0.00

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.01

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.25

i.COLTOT=0.48

TE=298.12

PW=0.03

O=2.44exp-3

P= 0.87

Ss=2.11

S= 8.26

OP= 8.25

PS=82.32%

i.oxígeno= 0.17

ICOMO=0.30

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.08

Indice de contaminación por PH(ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.02

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.01

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.16

i.COLTOT=0.49

TE= 297.15

PW=0.02

O=2.4EXP-3

Ss=2.13

S=8.4

PS= 90.36%

i.oxígeno= 0.09

ICOMO=0.25

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=-0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.05

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.02

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.04

i.COLTOT=0.61

TE=296.28

PW= 0.02

O=2.39exp-3

Ss= 2.14

S= 8.55

OP= 8.55

PS=74.50%

i.oxígeno= 0.22

ICOMO= 0.29

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

Salida del separador API.

□ Calculo para el año 1996.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI)

i.conductividad= 0.23

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.08

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.42

i.COL.TOL= 0.00

i.OD= 0.12

ICOMO= 0.18

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Calculo para el año 1996.

Q.vertimiento=0.02L/S

Q.aguas arriba= 4.94L/S

C.A (ICOMI) = 0.00

C.A (ICOMO)= 0.00

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

□ Calculo para el año 1997.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI)

i.conductividad= 0.83

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.00

ICOMI= 0.28

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.82

i.COL.TOL=1

i.OD= 0.60

ICOMO= 0.81

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.05

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

Calculo para el año 1997.

Q.vertimiento=3.58L/S

Q.aguas arriba= 9.27L/S

C.A (ICOMI) = 0.08

C.A (ICOMO)= 0.22

C.A (ICOSUS)= 0.01

C.A (ICOPH)= 0.00

Calculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI)

i.conductividad=0.15

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.05

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.69

i.COL.TOL= 0.00

i.OD= 0.07

ICOMO= 0.25

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.21

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

Calculo para el año 1999

Q.vertimiento= 0.03 L/S

Q.aguas arriba= 1.06 L/S

C.A (ICOMI) = 0.00

C.A (ICOMO)= 0.01

C.A (ICOSUS)= 0.01

C.A (ICOPH)= 0.00

Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI)

i.conductividad=0.34

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.11

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.53

i.COL.TOL= 0.15

i.OD= 0.39

ICOMO= 0.35

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Calculo para el año 2000

Q. vertimiento = 15.29L/S

Q. aguas arriba = 38.13L/S

C.A (ICOMI) = 0.03

C.A (ICOMO)= 0.10

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

PLANTAS Y TERMINALES QUE MANEJAN REFINADOS

TERMINAL DE MANIZALES (QUEBRADA MANIZALES).

Aguas arriba.

Altitud=2150 msnm.

□ Calculo para el año 1998 o época 3.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza= 1

i.alcalinidad= 1

ICOMI=1

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT=1

TE=292.35

PW=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=9.24

OP= 9.24

PS=0.35

i.oxígeno=0.65

ICOMO= 0.88

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.35

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1999

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 1

i.dureza= 0.31

i.alcalinidad=0.06

ICOMI= 0.46

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT= 0.45

TE=289.75

PW= 0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.28

S=9.75

OP=9.75

PS= 0.67

i.oxígeno = 0.33

ICOMO= 0.59

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 1

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=0.11

i.alcalinidad=0.28

ICOMI= 0.46

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.92

i.COLTOT=0.34

TE=290.95

PW=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.25

S=9.51

OP=9.51

PS=0.25

i.oxígeno=0.75

ICOMO= 0.67

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.30

Indice de contaminación por PH (ICPH).

ICOPH= 0.00

Aguas abajo

□ Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=0.29

i.alcalinidad=0.20

ICOMI=0.5

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT=0.21

TE=293.08

Pw=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.21

S=9.11

OP=9.11

PS=0.55

i.oxígeno=0.45

ICOMO=0.55

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.32

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Calculo para el año 1998

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=1

i.alcalinidad=1

ICOMI=1

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT=1

TE=290.45

PW=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.26

S=9.60

OP=9.60

PS=0.66

i.oxígeno=0.65

ICOMO= 0.88

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.33

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= Dato descartado, porque hubo desviación anormal.

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=1

i.alcalinidad=0.06

ICOMI=0.69

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT=1

TE=291.6

PW=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.24

S=9.38

OP=9.38

PS=0.68

i.oxígeno=0.32

ICOMO= 0.77

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=1

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.0

Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= No se calculo porque no se tomaron datos.

i.dureza=0.07

i.alcalinidad=0.28

ICOMI= 0.12

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 1

i.COLTOT= 0.61

TE=290.65

PW=0.02

O=0.00

P=0.77

Ss=2.26

S=9.57

OP= 9.57

PS= 021

i.oxígeno=0.79

ICOMO= 0.80

Indice de sólidos suspendidos (ICOSUS)

ICOSUS= 0.4

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Salida del separador CPI

□ Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.71

i.dureza= 0.27

i.alcalinidad=0.37

ICOMI= 0.45

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.60

i.COL.T= 0.00

i.OD= 0.16

ICOMO= 0.25

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.02

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimientos (C.A).

Calculo para la época 1.

Q.vertimiento= 0.10 L/s

Q.aguas arriba= 0.06 L/s

C.A (ICOMI)= 0.28

C.A (ICOMO)= 0.15

C.A (ICOSUS)= 0.01

C.A (ICOPH)= 0.00

NOTA:

Para el año 1998 no se calculo la aceptación del vertimiento, porque en los monitoreos no se encontraba el caudal de aguas arriba.

Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.67

i.dureza= 0.26

i.alcalinidad=0.17

ICOMI= 0.37

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.68

i.COL.T= 0.44

i.OD= 0.67

ICOMO= 0.60

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimientos (C.A).

Calculo para el año 1999

Q.vertimiento= 28.45 L/s

Q.aguas arriba= 1.34 L/s

C.A (ICOMI)= 0.35

C.A (ICOMO)= 0.57

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

□ Calculo para el año 2000

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.72

i.dureza= 0.26

i.alcalinidad=0.26

ICOMI= 0.42

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.79

i.COL.T= 0.22

i.OD= 0.99

ICOMO=0.67

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimientos (C.A).

□ Calculo para el año 2000

Q.vertimiento= 0.13 L/s

Q.aguas arriba= 309.5 L/s

C.A (ICOMI)= 0.00

C.A (ICOMO)= 0.00

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

PLANTA MANSILLA QUEBRADA LA MANSILLITA.

No se realizo el calculo de los C.A, porque el terminal no vierte sus aguas residuales al cuerpo receptor, sino que las recircula hasta llevarlas a un lago, donde se almacena el agua contra incendios.

Altitud=2640msnm.

Aguas arriba.

Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.06

i.dureza= 0.00

i.alcalinidad= 0.06

ICOMI= 0.04

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.97

i.COLTOT= 0.00

TE=286.68

PW=0.02

O=0.00

P=0.73

Ss=2.34

S= 10.41

OP=10.41

PS= 0.70

i.oxígeno= 0.30

ICOMO=0.42

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.02

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1998.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.07

i.dureza=0.00

i.alcalinidad=no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.02

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.79

i.COLTOT=0.00

TE=292.65

PW=0.02

O=0.00

P=0.73

Ss=2.22

S= 9.18

OP=9.18

PS=0.80

i.oxígeno= 0.20

ICOMO=0.03

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=-0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.08

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.03

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.11

i.COLTOT=0.00

TE=287.18

PW= 0.02

O=0.00

P=0.73

Ss=2.33

S=10.30

OP=10.30

PS=0.59

i.oxígeno=0.41

ICOMO=-0.17

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.02

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Aguas abajo

□ Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.08

i.dureza=0.00

i.alcalinidad=0.00

ICOMI=-0.03

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1.00

i.COLTOT=0.00

TE=287.18

PW=0.02

O=0.00

P=0.73

Ss=2.33

S=10.30

OP=10.3

PS=0.88

i.oxígeno=0.12

ICOMO= 0.37

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.04

Indice de contaminación por PH (ICPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1998.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.14

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI=0.05

Indice de contamiación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=1

i.COLTOT= 0.00

TE=292.68

PW=0.02

O=0.00

P=0.73

Ss=2.22

S=9.18

OP=9.18

PS=0.54

i.oxígeno=0.46

ICOMO=0.49

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.05

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contamiación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad= 0.09

i.dureza= no se calculo porque no se tomo el dato.

i.alcalinidad=no se calculo porque no se tomo el dato.

ICOMI=0.03

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.49

i.COLTOT= 0.00

TE=289.38

P=0.02

Ss=2.28

S=9.82

OP=9.82

PS=0.40

i.oxígeno=0.60

ICOMO=0.36

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.01

Indice de contaminación por (ICOPH).

ICOPH=0.00

PLANTA PUERTO SALGAR (QUEBRADA EL GUABANO).

Altitud=172msnm.

Aguas arriba.

□ Calculo para el año 1996

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=no se calculo porque no se tomaron los datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron los datos.

ICOMI= 0.33

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.54

i.COLTOT=0.90

TE=300.57

PW=0.04

O=0.00

P=0.98

Ss=2.07

S=7.91

OP=7.91

PS=0.70

i.oxígeno=0.30

ICOMO= 0.58

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.10

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1997.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=1

i.alcalinidad=1

ICOMI= 1

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.23

i.COLTOT=1

TE=295.82

PW=0.03

O=0.00

P=0.98

Ss=2.16

S=8.63

OP=8.63

PS=0.88

i.oxígeno=0.12

ICOMO= 0.45

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.04

Indice de contaminación PH (ICPH).

ICOPH=0.01

□ Calculo para el año 1998.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.23

i.dureza=no se calculo porque no se tomaron los datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron los datos.

ICOMI=0.08

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.94

i.COLTOT=0.04

TE=302.02

PW=0.04

O=0.00

P=0.98

Ss=2.04

S=7.71

OP=7.71

PS=0.56

i.oxígeno=0.43

ICOMO= 0.47

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza=no se calculo porque no se tomaron los datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron los datos.

ICOMI= 0.33

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO= 0.00

i.COLTOT=0.02

TE=301.78

PW=0.04

O=0.00

P=0.98

Ss=2.05

S=7.74

OP=7.74

PS=0.56

i.oxígeno=0.04

ICOMO=0.02

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.02

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.01

Aguas abajo

□ Calculo para el año 1996.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=1

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.33

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.63

i.COLTOT=1

TE= 300.77

PW=0.04

O=0.00

P=0.98

Ss=2.06

S=7.88

OP=7.88

PS=0.73

i.oxígeno=0.27

ICOMO=0.63

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.11

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1997.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.92

i.dureza=1

i.alcalinidad=0.78

ICOMI= 0.90

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.66

i.COLTOT=1

TE=300.77

PW=0.03

O=0.00

P=0.98

Ss=2.13

S=8.42

OP=8.42

PS=0.64

i.oxígeno=0.36

ICOMO=0.67

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.08

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.00

□ Calculo para el año 1998.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad=0.20

i.dureza=no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad= no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.07

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.96

i.COLTOT=0.00

TE=297.15

PW=0.03

O=0.00

P=0.98

Ss=2.13

S=8.42

OP=8.42

PS=0.64

i.oxígeno=0.55

ICOMO= 0.50

Indice de contaminación por sólidos (ICOSUS).

ICOSUS=0.00

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i.conductividad = 1

i.dureza= no se calculo porque no se tomaron datos.

i.alcalinidad = no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI=0.33

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i.DBO=0.34

i.COLTOT= 0.32

TE=302.35

PW=0.04

O=0.00

P=0.98

Ss=2.04

S=7.66

OP=7.66

PS=0.45

i.oxígeno= 0.05

ICOMO=0.24

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.01

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH=0.0

Salida de la piscina de oxidación

Esta planta cuenta con dos separadores API, para calcular los C.A se utiliza el vertimiento final que va al cuerpo receptor.

- Calculo para el año 1996.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i. conductividad = 0.82

i. dureza = no se calculo porque no se tomaron datos.

i. alcalinidad = no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI= 0.27

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i. DBO = 1

i. COLT =0.58

i. OD = 0.78

ICOMO= 0.79

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.05

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.01

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

- Calculo para el año 1996.

Q. vertimiento =1.07 L/S

Q.aguas arriba = 1.58 L/s

C.A (ICOMI)= 0.11

C.A (ICOMO)= 0.32

C.A (ICOSUS)= 0.02

C.A (ICOPH)= 0.00

- No se realizaron calculos para en año 1997 porque no se contó con el dato del caudal del vertimiento.
- Calculo para el año 1998.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i. conductividad = 0.55

i. dureza = no se calculo porque no se tomaron datos.

i. alcalinidad = no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI=0.18

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i. DBO =1

i. COLT =1

i. OD = 0.03

ICOMO= 0.68

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.10

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Calculo para el año 1998.

Q. vertimiento =12.94 L/S

Q. aguas arriba = 263.88L/s

C.A (ICOMI)= 0.01

C.A (ICOMO)= 0.03

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

□ Calculo para el año 1999.

Indice de contaminación por mineralización (ICOMI).

i. conductividad = 0.46

i. dureza = no se calculo porque no se tomaron datos.

i. alcalinidad = no se calculo porque no se tomaron datos.

ICOMI=0.15

Indice de contaminación por materia orgánica (ICOMO).

i. DBO =0.58

i. COLT =0.24

i. OD = 0.54

ICOMO= 0.46

Indice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS).

ICOSUS= 0.05

Indice de contaminación por PH (ICOPH).

ICOPH= 0.00

Condición de aceptación del vertimiento (C.A).

□ Calculo para el año 1999.

Q. vertimiento =11.13 L/S

Q. aguas arriba= 222.93L/s

C.A (ICOMI)= 0.01

C.A (ICOMO)= 0.02

C.A (ICOSUS)= 0.00

C.A (ICOPH)= 0.00

Anexo C. Caracterizaciones de las aguas industriales de los años 1996, 1997,1998,1999
y 2000 de las seis plantas.

Planta Miraflores (Entrada al separador API)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(mg/L)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Octu-29-1996	1	7,7	19,8	6,84	58,6	65,5	36
Oct-31-1996	1	2,2	22,5	6,9	84,6	159,6	40,3
Nov-2-1996	1	4,8	24,7	7,36	93,6	132,1	31,2
Febre-7-1997	2	5,2	23,8	8,13	128,6	26,1	51
Febre-9-1997	2	5	24,4	8,1	128,3	17,1	52
Febre-10-1997	2	3,2	21,5	7,6	114	20,7	43
May-27-1997	2	2,3	20,2	8,61	115,3	467,3	32,8
May-29-1997	2	2,7	20,4	8,5	121,3	652,3	35,5
May-31-1997	2	0	21,4	7,6	153,3	531,6	45,3
Sept-16-1997	2	1,2	22,9	8,7	98,6	646,6	26,3
Sept-18-1997	2	1,2	22	8,7	108	893,3	34,6
Sept-20-1997	2	1,1	22,8	8,7	123,3	998,3	25
Dic-2-1997	2	2,8	23,9	7,4	440,6	162,6	93,6
Dic-4-1997	2	2	22,5	6,7	437,6	74,3	91,6
Dic-6-1997	2	1,5	21,1	6,7	447,6	53	94,6
Abr-15-1999	4	2,3	19	6,5	110		32
Abr-17-1999	4	2,5	22	6,9	85		29
Abr-19-1999	4	3,4	22,7	6,9	140		38,5
Jul-12-1999	4	6,1	19	7,2	135		35,5
Jul-14-1999	4	5,8	18,5	7,19	115		28
Jul-16-1999	4	6,1	20,5	7,15	155		33,5
May-25-2000	5	1,1	23,5	6,8	76,5		26,5
May-26-2000	5	1,25	22,5	6,8	79,9		33,1
May-28-2000	5	1,1	24	6,7	90		29,8
Año	Epoca	Nitrit(mg/L)	Nitrat(mg/L)	D.BO(mg/L)	DQO(mg/L)	Cadm(mg/L)	GyA(mg/L)
Octu-29-1996	1		0	67	185		7931
Oct-31-1996	1		0	81	146		568
Nov-2-1996	1		0	104	263		314
Febre-7-1997	2	0	0,38	28	70		24
Febre-9-1997	2	0	0,38	14	79		97,3
Febre-10-1997	2	0	0,3	29	145		64,6
May-27-1997	2		0	25	89		1763,1
May-29-1997	2		1,92	13,5	73		21,8
May-31-1997	2		0	9,5	50		724,5
Sept-16-1997	2	0	0,78	72	170,5		57,9
Sept-18-1997	2	0	0,42	131,5	199		36,5
Sept-20-1997	2	0	0,78	118	204		138,05
Dic-2-1997	2	0	1,46	630	819		8990
Dic-4-1997	2	0	0,78	180	579		4685
Dic-6-1997	2	0	1,08	127,5	341		618
Abr-15-1999	4	0,03	0,6	160	246	0,09	150,8
Abr-17-1999	4	0,05	0,5	113	190	0,01	100,3
Abr-19-1999	4	0,02	0,7	36	56	0,15	53,2

Jul-12-1999	4	0	0,34	157	246	0	26,7
Jul-14-1999	4	0	0,7	163	252	0	28,1
Jul-16-1999	4	0	0,86	159	262	0	30,1
May-25-2000	5	0,002	0,03	12	110		2,6
May-26-2000	5	0,002	0,04	12	105		3,7
May-28-2000	5	0,002	0,04	53	116		2
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.dst(mg/L)	Fenoles(mg/L)		
Octu-29-1996	1	185	107	78	0,44		
Oct-31-1996	1	165	72	93	0,44		
Nov-2-1996	1	186	84	102	0		
Febre-7-1997	2	180	40	140	0		
Febre-9-1997	2	173	56	117	0,17		
Febre-10-1997	2	174	50	124	0,14		
May-27-1997	2	530	420	110	0,385		
May-29-1997	2	745	650	95	0,19		
May-31-1997	2	132	90	42	0,005		
Sept-16-1997	2	394	172	222	1,04		
Sept-18-1997	2	464	200	264	1,1		
Sept-20-1997	2	611	463	148	0,58		
Dic-2-1997	2	708	101	607	0		
Dic-4-1997	2	546	118	428	0,098		
Dic-6-1997	2	554	60	494	0		
Abr-15-1999	4	235	158	70	0,06		
Abr-17-1999	4	180	100	55	0,07		
Abr-19-1999	4	123	24	90	0,051		
Jul-12-1999	4	116	19	90	0		
Jul-14-1999	4	136	22	75	0,2		
Jul-16-1999	4	164	48	105	0,46		
May-25-2000	5	73,3	34	39,3	0,068		
May-26-2000	5	74,7	35	39,7	0,044		
May-28-2000	5	98,2	52	46,2	0,95		

Planta Miraflores (Salida del separador API)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(mg/L)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/LCaCo3)
Octu-29-1996	1	7	19,6	6,8	55,3	75	37,3
Oct-31-1996	1	6	20,5	7,04	56,6	81,1	33
Nov-2-1996	1	6,4	21,6	7,42	66	61,7	37,3
Febre-7-1997	2	8	22,6	8,6	120	8	45
Febre-9-1997	2	9,1	24,3	8,8	116	9,8	44
Febre-10-1997	2	8,5	22	8,9	110	5,7	42
May-27-1997	2	4,5	21	9,7	119,3	32,3	34,1
May-29-1997	2	5,1	21,2	9,4	120	54,6	39,6
May-31-1997	2	4,3	21,6	8,7	115,6	76	36,6
Sept-16-1997	2	3	22,6	8,1	147	71,6	44,3
Sept-18-1997	2	2,8	23,5	8,5	133,3	20	44
Sept-20-1997	2	2,6	22,4	8,5	134	119,6	42,6
Dic-2-1997	2	8,2	23	7,9	151,3	30,6	43,6
Dic-4-1997	2	22,7	20,8	7,1	169	17,6	46,3
Dic-6-1997	2	22	20,1	7,1	212	13,3	27,6
Abr-15-1999	4	7,7	19	6,6	130		29
Abr-17-1999	4	7,8	21	7	110		40,5
Abr-19-1999	4	6,5	21,3	7,2	155		40
Jul-12-1999	4	7,35	19	7,29	110		31,5
Jul-14-1999	4	7,55	18,5	7,18	105		35,5
Jul-16-1999	4	7,1	20,5	7,6	100		31,5
May-25-2000	5	3,5	22	8,8	147		46,4
May-26-2000	5	3,7	21	8,9	158,6		60,8
May-28-2000	5	3,6	22,5	9,1	171,4		62,6
Año	Epoca	DT(mg/L)	Cl(mg/L)	Nitrit(mg/L)	Nitrat(mg/L)	D.BO(mg/L)	DQO(mg/L)
Octu-29-1996	1	20	0		0	22	97
Oct-31-1996	1	30	3,4		0	32	63
Nov-2-1996	1	29	3,4		0	10	28
Febre-7-1997	2	44	21,1	0	0,22	4	6
Febre-9-1997	2	38	20	0	0,86	10	64
Febre-10-1997	2	38	17,9	0	0,3	6	43
May-27-1997	2	36	5,94		0	5,5	12
May-29-1997	2	40	5,44		0,4	4,5	15
May-31-1997	2	40	7,8		0	5	29
Sept-16-1997	2	44	3,9	0	0,3	15	70
Sept-18-1997	2	50	2,6	0	0,17	15,5	56
Sept-20-1997	2	40	5,4	0	0	33,5	59
Dic-2-1997	2	46	4	0	0,3	9,5	51
Dic-4-1997	2	42	12,5	0	0,23	5	37
Dic-6-1997	2	80	23,7	0	0,23	15	69
Abr-15-1999	4		8,6	0,01	0,3	9,2	14
Abr-17-1999	4		9,6	0,02	0,4	37	64
Abr-19-1999	4		6,3	0,01	0,4	11	17
Jul-12-1999	4		0	0	0,29	51	79
Jul-14-1999	4		0	0	0,31	51	82

Jul-16-1999	4		0	0	0,31	48	85
May-25-2000	5		6,4	0,05	0,23	9	45
May-26-2000	5		5,1	0,02	0,14	9	45
May-28-2000	5		4,2	0,03	0,22	16	65
Año	Epoca	GyA(mg/L)	S.tls(mg/L)	Hidr.T(mg/L)			
Octu-29-1996	1	11,4	158	5,3			
Oct-31-1996	1	8,9	140	3			
Nov-2-1996	1	0,6	98	0,2			
Febre-7-1997	2	6,1	198	1,2			
Febre-9-1997	2	30	154	22,9			
Febre-10-1997	2	1,7	155	0,9			
May-27-1997	2	5,4	119	0,3			
May-29-1997	2	10,8	132	4,9			
May-31-1997	2	7,1	162	3,1			
Sept-16-1997	2	0,75	134	0			
Sept-18-1997	2	4,4	126	0,45			
Sept-20-1997	2	7,3	144	1,35			
Dic-2-1997	2	0,6	125	0,1			
Dic-4-1997	2	6,9	137	0,9			
Dic-6-1997	2	2,7	185	1,3			
Abr-15-1999	4	1,13	111	0,31			
Abr-17-1999	4	1,15	140	0,55			
Abr-19-1999	4	0,43	88	0			
Jul-12-1999	4	2,13	103	0,54			
Jul-14-1999	4	2,9	101	0			
Jul-16-1999	4	3,28	92	0,82			
May-25-2000	5	0,1	100,7	0,1			
May-26-2000	5	0,1	110,2	0,1			
May-28-2000	5	0,1	122,5	0,1			

Planta Miraflores Aguas arriba (Quebrada Guamalera)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(mg/L)	PH(UND)	Cdtvcm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Octu-29-1996	1	8,1	17,9	6,9	9,4	80,6	12,6
Oct-31-1996	1	9,4	17,6	7,09	72,3	24,3	32,6
Nov-2-1996	1	9	18,13	7,7	113,3	13,7	31,3
May-27-1997	2	5,5	18,9	6,9	43,3	149,3	8,2
May-29-1997	2	6,1	19,5	6,9	60	72,6	10,9
May-31-1997	2	6	20,6	6,6	76	15,6	17,7
Dic-2-1997	2	7,2	21,2	7,4	147	10	30,3
Dic-4-1997	2	7,2	18,1	7,2	122	11,6	31,3
Dic-6-1997	2	7,2	18,6	7,7	109	10,3	24,3
Abr-15-1999	4	9	18,5	6,72	65		13,5
Abr-17-1999	4	7,5	21,5	7	55		21
Abr-19-1999	4	8,5	21	7,4	80		24,5
Jul-12-1999	4	8	18,5	6,9	75		16
Jul-14-1999	4	7,9	24,5	7	55		22
Jul-16-1999	4	7,9	2,7	7,4	80		22
May-25-2000	5	5,8	22,5	7,3	55,8		18,5
May-26-2000	5	5,6	22	7,2	56		19,5
May-28-2000	5	5,8	22,5	7,2	56,4		18,5
Año	Epoca	Dureza(mg/L)	Cl(mg/L)	SFTS(mg/L)	Nitrit(mg/L)	Nitrat(mg/L)	D.BO(mg/L)
Octu-29-1996	1	14	0			0,37	1
Oct-31-1996	1	41	1,9			0	1
Nov-2-1996	1	78	3,4			1,23	1
May-27-1997	2	26	0,5			0,07	4,5
May-29-1997	2	30	0			0,07	2
May-31-1997	2	34	2,8			0,4	2,5
Dic-2-1997	2	56	0			0,15	2
Dic-4-1997	2	40	0,5			0,53	1
Dic-6-1997	2	44	1			0,16	2,2
Abr-15-1999	4		2	10,41	0,02	0	25,9
Abr-17-1999	4		3	9,4	0,08	0,1	2
Abr-19-1999	4		1,5	8,5	0,02	0	1
Jul-12-1999	4		4,9	4,9	0	0,023	25
Jul-14-1999	4		4,9	5,1	0	0,01	17
Jul-16-1999	4		4,9	4,98	0	0	15
May-25-2000	5		1,3	9	0,002	0,05	4
May-26-2000	5		0,8	9	0,003	0,06	5
May-28-2000	5		1	8	0,001	0,09	5

Año	Epoca	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)	S.tls(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.dst(mg/L)	Fenoles(mg/L)
Octu-29-1996	1	5	6	902	882	20	0
Oct-31-1996	1	2	3,7	102	35	67	0
Nov-2-1996	1	5	4	95	12	83	0
May-27-1997	2	7	3,4	1068	1020	48	0
May-29-1997	2	3	3,4	164	115	49	0
May-31-1997	2	6	9,5	73	8	65	0
Dic-2-1997	2	4	5,2	90	2	88	0
Dic-4-1997	2	3	10,9	76	6	70	0
Dic-6-1997	2	4	3,5	69	9	60	0
Abr-15-1999	4	10	0	89	35	50	0
Abr-17-1999	4	4	0	87	40	40	0
Abr-19-1999	4	2	0	76	6	55	0
Jul-12-1999	4	39	0	78	14	50	0
Jul-14-1999	4	30	0	82	18	40	0
Jul-16-1999	4	26	0	64	7	55	0
May-25-2000	5	31	0,1	38	11	27	0,001
May-26-2000	5	60	0,1	45,3	18	27,3	0,001
May-28-2000	5	28	0,1	33,9	6	27,9	0,001
Año	Epoca	SAAM(mg/L)					
Octu-29-1996	1	0,04					
Oct-31-1996	1	0					
Nov-2-1996	1	0					
May-27-1997	2	0,17					
May-29-1997	2	0,07					
May-31-1997	2	0,26					
Dic-2-1997	2	0,05					
Dic-4-1997	2	0,08					
Dic-6-1997	2	0					
Abr-15-1999	4	0,17					
Abr-17-1999	4	0,3					
Abr-19-1999	4	0,07					
Jul-12-1999	4	0					
Jul-14-1999	4	0					
Jul-16-1999	4	0,07					
May-25-2000	5	0,005					
May-26-2000	5	0,006					
May-28-2000	5	0,009					

Planta Miraflores Aguas Abajo (Quebrada Guamalera)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(mg/L)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Octu-29-1996	1	7,9	18,1	7,05	31,3	96,5	18,6
Oct-31-1996	1	8,4	18,2	7,1	72,6	28,6	29,6
Nov-2-1996	1	9,4	18,7	7,1	91,3	13,4	32,54
May-27-1997	2	5,1	18,5	7,2	54,3	201,6	13,6
May-29-1997	2	5,7	19,5	7,33	64	211	16,4
May-31-1997	2	5,5	20,4	7,2	75,3	72,3	19,1
Dic-2-1997	2	7,3	21,5	7,4	124,6	9,6	27,6
Dic-4-1997	2	7,7	20	7,3	97,3	7,3	25
Dic-6-1997	2	7,3	19,8	7,6	87	10,3	22,6
Abr-15-1999	4	9,2	18	6,7	60		15
Abr-17-1999	4	8,15	20,5	7,09	65		21
Abr-19-1999	4	8	21	7,4	105		22,5
Jul-12-1999	4	7,9	16	7,15	100		17,5
Jul-14-1999	4	8,4	20,5	7,35	80		18
Jul-16-1999	4	8,1	21	7,6	85		24,5
May-25-2000	5	5,8	22,5	7,4	59,7		20
May-26-2000	5	5,7	22,5	7,3	61,3		21
May-28-2000	5	5,9	23	7,4	63,7		20,5
Año	Epoca	DurezaT(mg/L)	Cl(mg/L)	Nitritos(mg/L)	Nitratos(mg/L)	D.BO(mg/L)	DQO(mg/L)
Octu-29-1996	1	10	0		0,99	1	8
Oct-31-1996	1	42	2,4		0	1	6
Nov-2-1996	1	42	1,9		0	1	4
May-27-1997	2	32	0,5		0,22	5,5	6
May-29-1997	2	32	0,5		0,09	2,2	5
May-31-1997	2	50	2,3		0,94	3,5	7
Dic-2-1997	2	50	0,5		0,7	2,5	5
Dic-4-1997	2	44	2,5		1,1	1	2
Dic-6-1997	2	36	1		0,64	2	3
Abr-15-1999	4		1,5	0,02	0	31,1	6
Abr-17-1999	4		3,5	0,05	0,15	1	2
Abr-19-1999	4		1,5	0,02	0,2	2	4
Jul-12-1999	4		4,97	0,01	0,015	26	41
Jul-14-1999	4		4,9	0,01	0,017	18	29
Jul-16-1999	4		4,9	0,01	0,039	19	29
May-25-2000	5		1,2	0,002	0,06	5	30
May-26-2000	5		1,1	0,002	0,06	6	62
May-28-2000	5		1,1	0,002	0,1	5	25

Año	Epoca	Fosfatos(mg/L)	GyA(mg/L)
Octu-29-1996	1		7,6
Oct-31-1996	1		3,8
Nov-2-1996	1		2,8
May-27-1997	2		2,8
May-29-1997	2		3,05
May-31-1997	2		9,3
Dic-2-1997	2		4,7
Dic-4-1997	2		1,7
Dic-6-1997	2		16,5
Abr-15-1999	4	0,14	0
Abr-17-1999	4	0,2	0
Abr-19-1999	4	0,26	0
Jul-12-1999	4	0	0
Jul-14-1999	4	0	0
Jul-16-1999	4	0,26	0
May-25-2000	5	0,06	0,1
May-26-2000	5	0,05	0,1
May-28-2000	5	0,06	0,1

Planta Araguaney entrada al Separador API

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	Sulfuros(mg/L)
Marz-4-1996	1	29,1	6,73	260	170	0
Marz-5-1996	1	27,9	7,8	500	330	0
Marz-6-1996	1	27,5	6,47	250	170	0
May-27-1997	2	27,85	6,5	27	33	
May-29-1997	2	28,4	6,2	35	33	
May-31-1997	2	27,2	6,5	42	50	
Sept-16-1997	2	33,3	7,13	54	48	
Sept-18-1997	2	31,2	7,5	52	63	
Sept-20-1997	2	30,9	8,26	58	92	
Dic-2-1997	2	47,8	7,3	155,3	137	
Dic-4-1997	2	32	6,7	279,6	282	
Dic-6-1997	2	28,3	7,16	431	360	
Sept-3-1998	3	25,5	7,6	195	238	
Sept-4-1998	3	27	8,47	32,5	17,5	
Sept-5-1998	3	26,5	6,95	30	28	
Nov-12-1998	3	30,5	6,7	83,2		
Nov-13-1998	3	31	6,7	82,7		
Nov-14-1998	3	32,5	6,6	90,8		
Sept-15-1999	4	30	8,1	316	236,6	
Sept-16-1999	4	29,5	7,6	336,5	241,5	
Sept-17-1999	4	32,5	7,6	321,5	227,5	
Jun-14-2000	5	28,5	7	253	127	
Jun-16-2000	5	28	7,07	265,6	132	
Jun-18-2000	5	29,5	7,02	263,5	130	
Año	Epoca	Acidez(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)	DurezaT(mg/L)	Cl(mg/L)
Marz-4-1996	1	39,3		58,9		
Marz-5-1996	1	41,27		49,6		
Marz-6-1996	1	48,1		55,8		
May-27-1997	2		11,9	8,4	20	3,7
May-29-1997	2		20,8	12,6	18	2,3
May-31-1997	2		17,3	12,6	20	1,8
Sept-16-1997	2		17,3	17,6	16	1
Sept-18-1997	2		22,3	17,6	16	2,9
Sept-20-1997	2		39	19	28	1
Dic-2-1997	2		6,9	19,3	42	23,5
Dic-4-1997	2		17,8	18	72	81,2
Dic-6-1997	2		24,4	14,6	62	72,9
Sept-3-1998	3		5,1	100	8	0,3
Sept-4-1998	3		10,9	185	6	1,7
Sept-5-1998	3		10	130	8	0,9
Nov-12-1998	3		24,6	237,5	21	5,1
Nov-13-1998	3		23,9	240,5	19	5,3
Nov-14-1998	3		25,3	239,5	21	6,4
Sept-15-1999	4					
Sept-16-1999	4					

Sept-17-1999	4					
Jun-14-2000	5					
Jun-16-2000	5					
Jun-18-2000	5					
Año	Epoca	Fosfatos(mg/L)	Sulfatos(mg/L)	Nitrit(mg/L)	Nitrat(mg/L)	DQO(mg/L)
Marz-4-1996	1	4,43	3,3		2,18	325
Marz-5-1996	1	1,65	1,75		10,31	191,9
Marz-6-1996	1	2,1	2,74		6,81	165,9
May-27-1997	2		0,46	0	0,46	54
May-29-1997	2		0,61	0,02	0,61	71
May-31-1997	2		1,07	0	1,07	172
Sept-16-1997	2				0,69	88
Sept-18-1997	2				0,86	164
Sept-20-1997	2				0,69	1014
Dic-2-1997	2			0	0,5	89
Dic-4-1997	2			0	0,43	37
Dic-6-1997	2			0	0,26	128
Sept-3-1998	3			0,05	0,09	46
Sept-4-1998	3			0,05	0,09	32
Sept-5-1998	3			0,05	0,03	12
Nov-12-1998	3			0,05	0,1	55
Nov-13-1998	3			0,05	0,09	64
Nov-14-1998	3			0,05	0,12	58
Sept-15-1999	4					840
Sept-16-1999	4					780
Sept-17-1999	4					790
Jun-14-2000	5					114
Jun-16-2000	5					128
Jun-18-2000	5					116
Año	Epoca	GyA(mg/L)	S.tls(mg/L)	HAPT(µg/L)	Hidr.Petrg(µg/L)	C.T(NMP/ml)
Marz-4-1996	1	100,8		30		
Marz-5-1996	1	44,4		30		
Marz-6-1996	1	32,8		30		
May-27-1997	2	8946,5	48	205,4	0,5	7800
May-29-1997	2	7,45	51	48,3	0,5	24000
May-31-1997	2	402	69	49,4	491,8	24000000
Sept-16-1997	2	28,9	70	687,6	11378	2400
Sept-18-1997	2	67,55	94	76,8	7116	170000
Sept-20-1997	2	1554,5	121	77668	94639	1300000
Dic-2-1997	2	9,2	166	119,4	4198	240000
Dic-4-1997	2	4,4	313	20	13765	24000
Dic-6-1997	2	483900	2030	20845	432315	24000
Sept-3-1998	3	3,8	273	0,011	3,7	210
Sept-4-1998	3	4,9	25,5	0,009	3,15	150
Sept-5-1998	3	1,7	31	0	1,7	120
Nov-12-1998	3	20,45	69,9	0,026	20,3	460
Nov-13-1998	3	31,45	70,1	0,0375	31,3	240

Nov-14-1998	3	28,15	79,4	0,0325	28,1	120
Sept-15-1999	4	2135,2	279,4	12,41	2490	7
Sept-16-1999	4	800,6	279,9	1,4	1455	11
Sept-17-1999	4	761,8	312,7	0,35	301,5	3
Jun-14-2000	5	43,5	161,5	0,44	44	20
Jun-16-2000	5	47,5	163	0,95	46,3	15
Jun-18-2000	5	41,8	160,2	0,72	40	11
Año	Epoca	Fenoles(mg/L)	SAAM(mg/L)	Cadm(mg/L)	Cobre(mg/L)	Mercurio(mg/L)
Marz-4-1996	1	0,54		0	0,011	0
Marz-5-1996	1	0,3		0	0,011	0
Marz-6-1996	1	0,33		0	0,014	0
May-27-1997	2	0	0,34			0,0001
May-29-1997	2	0	0,26			0,0001
May-31-1997	2	0,17	0,32			0,0001
Sept-16-1997	2	0,175	0,61			0,0001
Sept-18-1997	2	0,79	0,12			0,0001
Sept-20-1997	2	0,72				0,0001
Dic-2-1997	2	0,172	0,26			0,0001
Dic-4-1997	2	0,013	0,19			0,0001
Dic-6-1997	2	0,54	0,15			0,0001
Sept-3-1998	3	0,009	0,098			0,001
Sept-4-1998	3	0,001	0,162			0,001
Sept-5-1998	3	0,002	0,154			0,001
Nov-12-1998	3	0,006	0,194			0,001
Nov-13-1998	3	0,01	0,21			0,001
Nov-14-1998	3	0,009	0,245			0,001
Sept-15-1999	4	0,114	0,098			0,001
Sept-16-1999	4	0,11	0,082			0,001
Sept-17-1999	4	0,112	0,102			0,001
Jun-14-2000	5	0,098	0,098	0,001		0,001
Jun-16-2000	5	0,112	0,102	0,001		0,001
Jun-18-2000	5	0,1	0,092	0,001		0,001
Año	Epoca	Vanadio(mg/L)	Molibd(mg/L)	Niquel(mg/L)	Plm(mg/L)	Cr(mg/L)
Marz-4-1996	1	0	0	0,0113	0,02	
Marz-5-1996	1	0	0	0,037	0	
Marz-6-1996	1	0	0	0,037	0	
May-27-1997	2				0,05	0,05
May-29-1997	2				0,05	0,05
May-31-1997	2				0,05	0,05
Sept-16-1997	2				0,05	0,05
Sept-18-1997	2				0,05	0,05
Sept-20-1997	2				0,25	0,05
Dic-2-1997	2				0,05	0,05
Dic-4-1997	2				0,05	0,05
Dic-6-1997	2				0,05	0,05
Sept-3-1998	3				0,005	0,005
Sept-4-1998	3				0,007	0,005

Sept-5-1998	3				0,006	0,005
Nov-12-1998	3				0,012	0,007
Nov-13-1998	3				0,011	0,005
Nov-14-1998	3				0,013	0,006
Sept-15-1999	4				0,01	
Sept-16-1999	4				0,01	
Sept-17-1999	4				0,01	
Jun-14-2000	5				0,01	
Jun-16-2000	5				0,01	
Jun-18-2000	5				0,01	

Planta Araguaney salida al separador API

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	Sulfuro (mg/L)	O.D(mg/L)
May-27-1997	2	27,6	6,3	35	31		6,5
May-29-1997	2	28,6	7,6	46	46		6,4
May-31-1997	2	29,2	8,06	51,3	49		7,3
Sept-16-1997	2	34,3	8,1	50	39		
Sept-18-1997	2	32,2	8,2	45,66	40		
Sept-20-1997	2	29,8	8,23	51	46		
Dic-2-1997	2	44,06	8,36	120,6	71		5,7
Dic-4-1997	2	32	6,5	88,6	87		4,6
Dic-6-1997	2	29,3	7,5	290,6	192		4,8
Sept-3-1998	3	25,5	9,3	47,5	42		6,2
Sept-4-1998	3	25,5	8,7	35	28		4,9
Sept-5-1998	3	26,5	7,11	20	14		5,9
Nov-12-1998	3	32	8,48	92,6	64,6		6,3
Nov-13-1998	3	31,5	8,39	94	65,4		5,6
Nov-14-1998	3	32,5	8,3	95,5	67,8		6,1
Sept-15-1999	4	28,5	9	45,8	34		8,5
Sept-16-1999	4	29	8,64	44,4	29,7		7,9
Sept-17-1999	4	28	8,13	43,7	31,9		8,3
Jun-14-2000	5	28,5	7,2	40,9	20,5		8,1
Jun-16-2000	5	28	7,1	40,4	21		8,1
Jun-18-2000	5	29	7,22	41,6	21		7,9
Año	Epoca	Acidez(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)	Dureza(mg/L)	Cl(mg/L)	S.spd(mg/L)
May-27-1997	2		8,1	11,2	18	4,6	14
May-29-1997	2		20,8	11,2	18	0,5	7
May-31-1997	2		17,3	11,3	20	0,9	4
Sept-16-1997	2		5	18,6	16	1	6
Sept-18-1997	2		4,23	18,3	18	1	5
Sept-20-1997	2		6,8	15,6	16	1	9
Dic-2-1997	2		7,06	17,6	24	17,6	3
Dic-4-1997	2		3,7	9,6	24	20	2
Dic-6-1997	2		3,7	10	66	7,4	13
Sept-3-1998	3		10,25	160	16	3,8	4
Sept-4-1998	3		9,05	210	8	3	10
Sept-5-1998	3		7,15	165	17	2,3	4
Nov-12-1998	3		8	202,8	20	5	12,2
Nov-13-1998	3		8	199,4	19,5	5,3	12,3
Nov-14-1998	3		8,6	204,8	22,4	5,9	13,4
Sept-15-1999	4						27,2
Sept-16-1999	4						35
Sept-17-1999	4						28,8
Jun-14-2000	5						6
Jun-16-2000	5						8
Jun-18-2000	5						6

Año	Epoca	Fosfatos(mg/L)	Sulfatos(mg/L)	Nitrit(mg/L)	Nitrat(mg/L)	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)
May-27-1997	2				2,42	6	3
May-29-1997	2				0	11	5,5
May-31-1997	2				0	31	12
Sept-16-1997	2			0	0,15	48	37,5
Sept-18-1997	2			0	0,15	130	31,5
Sept-20-1997	2			0	0	76	61
Dic-2-1997	2			0	0,22	30	2
Dic-4-1997	2			0	0,29	18	1,5
Dic-6-1997	2			0	0,36	8	1
Sept-3-1998	3			0,05	0,1	45	12
Sept-4-1998	3			0,05	0,06	46	10
Sept-5-1998	3			0,05	0,08	25	8
Nov-12-1998	3			0,05	0,11	27	9
Nov-13-1998	3			0,05	0,09	32	12
Nov-14-1998	3			0,05	0,11	41	15
Sept-15-1999	4					20	10
Sept-16-1999	4					46	15
Sept-17-1999	4					15	8
Jun-14-2000	5					25	3
Jun-16-2000	5					32	5
Jun-18-2000	5					24	3
Año	Epoca	GyA(mg/L)	S.tls(mg/L)	HAPT(µg/L)	Hidr.Petrog (µg/L)	C.T(NMP/ml)	C.F (NMP/ml)
May-27-1997	2	4,35	45	1,1	0,5	260	260
May-29-1997	2	5,3	53	3,8	0,5	7500	5900
May-31-1997	2	2,25	53	18,6	0,5	9	6,5
Sept-16-1997	2	5,65	45	20,4	0,5	2400	920
Sept-18-1997	2	1,3	45	0,2	10,6	9200	3500
Sept-20-1997	2	2,4	55	36,1	0,5	16000	16000
Dic-2-1997	2	4,8	74	0,2	340,1	4600	3450
Dic-4-1997	2	1,4	89	0,2	425,1	2400	2400
Dic-6-1997	2	0,3	205	1,9	0,5	9300	9300
Sept-3-1998	3	0,7	46	0	0,75	460	11
Sept-4-1998	3	0,7	38	0	0,7	2400	75
Sept-5-1998	3	1,05	18	0	0,95	4000	240
Nov-12-1998	3	1,5	76,8	0,002	1,35	15000	120
Nov-13-1998	3	1,7	77,7	0,0005	1,65	15000	150
Nov-14-1998	3	2,1	81,2	0,0005	2,1	14000	120
Sept-15-1999	4	0,1	61,2	0,001	0,001	20000	120
Sept-16-1999	4	0,45	64,8	0,001	0,76	21000	93
Sept-17-1999	4	0,1	60,7	0,001	0,001	14000	75
Jun-14-2000	5	0,1	26,5	0,001	0,1	21000	75
Jun-16-2000	5	0,1	29	0,001	0,1	20000	43
Jun-18-2000	5	0,1	27	0,001	0,1	21000	43
Año	Epoca	Fenoles(mg/L)	SAAM(mg/L)	Cadm(mg/L)	Mercurio(mg/L)	Hidr.T(mg/L)	

May-27-1997	2	0	0,22		0,06	2,6
May-29-1997	2	0	0,2		0,0001	3,25
May-31-1997	2	0,13	0,24		0,0001	0,5
Sept-16-1997	2	0	0,04		0,0001	2,05
Sept-18-1997	2	0,09	0,04		0,0001	0
Sept-20-1997	2	0,185	0,14		0,0001	0
Dic-2-1997	2	0,062	0,1		0,0001	2,5
Dic-4-1997	2	0	0,2		0,0001	0,1
Dic-6-1997	2	0,031	0,07		0,0001	0,1
Sept-3-1998	3	0,001	0,04		0,001	0,75
Sept-4-1998	3	0,001	0,1		0,001	0,7
Sept-5-1998	3	0,001	0,061		0,001	0,85
Nov-12-1998	3	0,001	0,09		0,001	1,35
Nov-13-1998	3	0,001	0,11		0,001	1,65
Nov-14-1998	3	0,001	0,14		0,001	2,1
Sept-15-1999	4	0,001	0,005		0,001	0,1
Sept-16-1999	4	0,001	0,003		0,001	0,3
Sept-17-1999	4	0,001	0,002		0,001	0,1
Jun-14-2000	5	0,001	0,005	0,001	0,01	0,1
Jun-16-2000	5	0,001	0,009	0,001	0,01	0,1
Jun-18-2000	5	0,001	0,004	0,001	0,01	0,1

Año	Epoca	Plm(mg/L)	Cr(mg/L)
May-27-1997	2	0,05	0,05
May-29-1997	2	0,05	0,05
May-31-1997	2	0,05	0,05
Sept-16-1997	2	0,05	0,05
Sept-18-1997	2	0,05	0,05
Sept-20-1997	2	0,05	0,05
Dic-2-1997	2	0,05	0,05
Dic-4-1997	2	0,05	0,05
Dic-6-1997	2	0,05	0,05
Sept-3-1998	3	0,005	0,005
Sept-4-1998	3	0,005	0,005
Sept-5-1998	3	0,005	0,005
Nov-12-1998	3	0,005	0,005
Nov-13-1998	3	0,005	0,005
Nov-14-1998	3	0,005	0,005
Sept-15-1999	4	0,01	
Sept-16-1999	4	0,01	
Sept-17-1999	4	0,01	
Jun-14-2000	5		
Jun-16-2000	5		
Jun-18-2000	5		

Planta Araguaney Aguas arriba (Quebrada el Turrón)

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	Sulfuros(mg/L)
Sept-3-1998	3	22	7	51,5	6	
Sept-4-1998	3	25,5	5,5	5	3,9	
Sept-5-1998	3	25	5,4	6,5	3,9	
Nov-12-1998	3	26	4,9	7,2	3,4	
Nov-13-1998	3	25,5	4,9	7,2	3,5	
Nov-14-1998	3	26	5,13	7,5	3,5	
Año	Epoca	O.D(mg/L)	Acidez(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)	Dureza.T(mg/L)
Sept-3-1998	3	7,9		16,8	113	5
Sept-4-1998	3	7,1		9,3	80	2
Sept-5-1998	3	7		22,8	70	3
Nov-12-1998	3	6,8		7,55	14,5	2
Nov-13-1998	3	6,8		7,8	15,5	2
Nov-14-1998	3	6,6		7,6	18	3
Año	Epoca	Cl(mg/L)	S.spd(mg/L)	Fosfatos(mg/L)	Sulfatos(mg/L)	Nitrit(mg/L)
Sept-3-1998	3	0,6	25			0,05
Sept-4-1998	3	0,4	2			0,05
Sept-5-1998	3	0,4	4			0,05
Nov-12-1998	3	0,2	2			0,05
Nov-13-1998	3	0,2	1			0,05
Nov-14-1998	3	0,2	2			0,05
Año	Epoca	Nitrat(mg/L)	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)	GyA(mg/L)	Cr(mg/L)
Sept-3-1998	3	0,06	3	18	0,15	0,005
Sept-4-1998	3	0,09	4	26	0,1	0,005
Sept-5-1998	3	0,06	5	30	0,15	0,005
Nov-12-1998	3	0,065	21	4	0,25	0,005
Nov-13-1998	3		18	4	0,25	0,005
Nov-14-1998	3	0,06	17	4	0,25	0,005
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	HAPT(μg/L)	Hidr.Petrog(μg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL(NMP/ml)
Sept-3-1998	3	31	0	0,1	3000	120
Sept-4-1998	3	5,9	0	0,1	2400	240
Sept-5-1998	3	7,9	0	0,1	1100	210
Nov-12-1998	3	5,4	0	0,1	3000	120
Nov-13-1998	3	4,5	0	0,1	2400	75
Nov-14-1998	3	5,5	0	0,1	2400	120

Año	Epoca	Fenoles(mg/L)	SAAM(mg/L)	Cadm(mg/L)	Cobre(mg/L)	Mercurio(mg/L)
Sept-3-1998	3	0,001	0,006			0,001
Sept-4-1998	3	0,001	0,013			0,001
Sept-5-1998	3	0,001	0,009			0,001
Nov-12-1998	3	0,001	0,0095			0,001
Nov-13-1998	3	0,001				0,001
Nov-14-1998	3	0,001	0,008			0,001
Año	Epoca	Hidr.T(mg/L)	Vanadio(mg/L)	Molibd(mg/L)	Niquel(mg/L)	Plm(mg/L)
Sept-3-1998	3	0,1				0,005
Sept-4-1998	3	0,1				0,005
Sept-5-1998	3	0,1				0,005
Nov-12-1998	3	0,1				0,005
Nov-13-1998	3	0,1				0,005
Nov-14-1998	3	0,1				0,005

Planta Araguaney Aguas Abajo (Quebrada el Turrón)

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	O.D(mg/L)	Acidez (mg/L)
May-27-1997	2	27,1	6,7	29	33	6,2	
May-29-1997	2	28	6,5	44	47	8,3	
May-31-1997	2	27,6	8,1	55	57	7	
Dic-6-1997	2	29,8	7,5	30	158	4,8	
Sept-3-1998	3	22	7,14	55,5	6	8	
Sept-4-1998	3	25,5	5,6	8	5,6	7	
Sept-5-1998	3	25	5,5	9	4,2	6,9	
Nov-12-1998	3	26	4,91	7,3	3,4		
Nov-13-1998	3	26	4,9	7,3	3,5		
Nov-14-1998	3	26	5	7,4	3,6		
Año	Epoca	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)	DurezaT(mg/L)	Cl(mg/L)	S.spd(mg/L)	Nitrit(mg/L)
May-27-1997	2	4,7	12,6	30	2,3	13	
May-29-1997	2	3,7	12,6	20	1,8	8	
May-31-1997	2	4	16,8	20	0,5	7	
Dic-6-1997	2	2,9	10	40	49,3	9	0
Sept-3-1998	3	16,7	113	5	0,6	24	0,05
Sept-4-1998	3	8,8	75	2	0,6	2	0,05
Sept-5-1998	3	23,1	67,5	3	0,5	4	0,05
Nov-12-1998	3				0,2	2	0,05
Nov-13-1998	3				0,2	2,2	0,05
Nov-14-1998	3				0,2	1,9	0,05
Año	Epoca	Nitrat(mg/L)	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)	GyA(mg/L)	S.tls(mg/L)	HAPT (μg/L)
May-27-1997	2	1,07	4	2	3,05	46	0,2
May-29-1997	2	0	2	1	3,25	55	0,2
May-31-1997	2	0	2	1	4,4	64	0,2
Dic-6-1997	2	0,36	8	2	1,5	167	3,6
Sept-3-1998	3	0,06	20	3	0,25	30	0
Sept-4-1998	3	0,08	25	5	0,3	7,6	0
Sept-5-1998	3	0,08	30	5	0,35	8,2	0
Nov-12-1998	3	0,06	22	4	0,35	5,4	0
Nov-13-1998	3	0,06	20	4	0,25	5,7	0
Nov-14-1998	3	0,06	18	4	0,35	5,5	0
Año	Epoca	Hidr.Petrog (μg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL(NMP/ml)	Fenoles (mg/L)	SAAM(mg/L)	Mercurio (mg/L)
May-27-1997	2	0,5	580	580	0	0,26	0,0001
May-29-1997	2	0,5	1415	1415	0	0,2	0,0001
May-31-1997	2	0,5	330	330	0	0,17	0,03
Dic-6-1997	2	0,5	2300	2300	0	0,07	0,0001
Sept-3-1998	3	0,1	2400	150	0,001	0,021	0,001
Sept-4-1998	3	0,2	1100	210	0,001	0,018	0,001
Sept-5-1998	3	0,25	1100	150	0,001	0,014	0,001
Nov-12-1998	3	0,1	3000	120	0,001	0,01	0,001
Nov-13-1998	3	0,1	2400	75	0,001		0,001
Nov-14-1998	3	0,15	2400	120	0,001	0,009	0,001

Año	Epoca	Hidr.T(mg/L)	Plm(mg/L)	Cr(mg/L)
May-27-1997	2	0	0,05	0,05
May-29-1997	2	2,5	0,05	0,05
May-31-1997	2	0,45	0,05	0,05
Dic-6-1997	2	0	0,05	0,05
Sept-3-1998	3	0,1	0,005	0,005
Sept-4-1998	3	0,2	0,005	0,005
Sept-5-1998	3	0,25	0,005	0,005
Nov-12-1998	3	0,1	0,005	0,005
Nov-13-1998	3	0,15	0,005	0,005
Nov-14-1998	3	0,1	0,005	0,005

Planta Porvenir entrada al separador API

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Marz-4-1996	1	5,5	23,2	6,98	230		46,5
Marz-7-1996	1	6,1	26	7,28	260		49,6
Marz-8-1996	1	8,5	27	6,93	220		49,6
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	2,13	25,16	7,97	57,66	91,56	23,66
Nov-2-1996	1	1,13	25,96	8,54	79	34,3	32,33
Nov-4- 1996	1	2,7	25,9	6,9	77,66	38,66	26,4
Febre-6-1997	2	0,36	28,43	6,16	373,66	26,33	35
Febre-8-1997	2	0,4	26,1	7,92	252,33	104,63	33
Febre-10-1997	2	0,366	26,1	7,47	488,33	90,93	46
Marz-14-1997	2	0,766	26,33	7,13	460	32,4	55
May-26-1997	2	1,2	23,76	6,63	90,66	56	21
May-28-1997	2	1,7	23,83	5,2	191	102,03	22,4
May-30-1997	2	2,4	23,5	6,83	180,46	99	19,66
Sept-15-1997	2	1,53	28,7	7,53	113,33	174,33	24,33
Sept-17-1997	2	2,26	28,3	7,46	109	286	26,33
Sept-22-1997	2	3,1	29,16	7,66	79,33	64,66	22,33
Dic-1-1997	2	0,23	25,66	6,72	290,33	178,3	71,66
Dic-3-1997	2	1,43	29,1	6,95	113	65,06	5,33
Dic-5-1997	2	2,06	27	7,03	114,66	45,6	24
Mar-98	3	0,9	27,8	7,2	146	25	41
Sept-12-1999	4	1,4	25	6,79	61,95		
Sept-13-1999	4	1,4	25	6,63	60,3		
Sept-14-1999	4	1,1	25,5	6,7	62,4		
May-15-2000	5	3,35	23,4	6,45	34		
May-17-2000	5	2,2	24,2	7,15	77		
May-19-2000	5	3,5	23,9	6,55	88		
Año	Epoca	DurezaT (mg/L)	Cl(mg/L)	Nitratros (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Marz-4-1996	1			8,74	54,6	143,14	24
Marz-7-1996	1			8	83	97,6	11,2
Marz-8-1996	1			7,76	174,2	204,9	19,6
Abr-96	1			8,17	103,93	148,55	18,27
Oct-31-1996	1	20	5,8	0	42	78	36,8
Nov-2-1996	1	23	6,8	0	108	429	24,4
Nov-4- 1996	1	27	8,3	0	29	78	1716
Febre-6-1997	2	48	86	0	136	136	16
Febre-8-1997	2	48	62	0,15	168	1040	2665
Febre-10-1997	2	56	109,3	0	21	53	2796
Marz-14-1997	2	60	169,2	0	19	88	327,7
May-26-1997	2	34	25,1	3,43	17	139	28,15
May-28-1997	2	44	49,2	0	35,5	125	16,35
May-30-1997	2	24	15,3	0,46	35,5	162	25,55
Sept-15-1997	2	24	12,7	0,34	94,5	216	105,65

Sept-17-1997	2	26	9,8	0,34	66,5	134	140,35
Sept-22-1997	2	20	7,9	0,69	52,5	112	10,3
Dic-1-1997	2	90	130	1,16	228	437	276,4
Dic-3-1997	2	32	10,8	0,36	84	146	82,3
Dic-5-1997	2	32	12,3	0,43	138	204	17,3
Mar-98	3	34	6,2	0	18	69	26,6
Sept-12-1999	4				18	102	1,9
Sept-13-1999	4				20	98	1,3
Sept-14-1999	4				20	105	0,3
May-15-2000	5				10	17	4,6
May-17-2000	5				52	92	31,2
May-19-2000	5				35	41	12,6
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	S.spd (mg/L)	S.dst(mg/L)	Fenoles (mg/L)	SAAM (mg/L)	Plm(mg/L)
Marz-4-1996	1		82	160	0,36		0
Marz-7-1996	1		40	120	0,31		0
Marz-8-1996	1		46	150	0,38		0
Abr-96	1		56		0,35		0
Oct-31-1996	1	117	3	114	1,115	1,89	0,17
Nov-2-1996	1	92	22	70	0,744	2,53	0,18
Nov-4- 1996	1	108	6	102	0,449	0,71	0,24
Febre-6-1997	2	330	48	282	1,26	0,21	0,05
Febre-8-1997	2	800	503	297	0,7	0,21	0,05
Febre-10-1997	2	676	110	566	1,37	0,44	0,05
Marz-14-1997	2	511	120	394	1,11	0,16	0,05
May-26-1997	2	114	25	89	0,52	0,14	0,05
May-28-1997	2	273	105	168	1,235	0,4	0,05
May-30-1997	2	241	73	168	0,03	0,34	0,05
Sept-15-1997	2	234	158	76	1,12	0,22	0,05
Sept-17-1997	2	128	66	62	0,92	0,1	0,05
Sept-22-1997	2	112	36	76	0,745	0,17	0,05
Dic-1-1997	2	434	56	378	0,287	0,48	0,05
Dic-3-1997	2	266	37	229	0,316	0,34	0,05
Dic-5-1997	2	180	87	93	0,172	0,19	0,05
Mar-98	3	135	26	109	0,92	0	0,05
Sept-12-1999	4	118,7	85	33,7	0,009	0,004	0,01
Sept-13-1999	4	113,7	81	32,7	0,007	0,004	0,01
Sept-14-1999	4	107,5	72	35,5	0,009	0,003	0,01
May-15-2000	5	64	6	60	0	0,24	0,05
May-17-2000	5	74	18	56	0,098	0,54	0,05
May-19-2000	5	139	73	66	0	0,12	0,05
Año	Epoca	Crm(mg/L)	Mercurio (mg/L)	Hidrocar.To (mg/L)	H.A.P(µg/L)	Hidr.Petrog(µg/L)	C.T(NMP/ml)
Marz-4-1996	1		0		0,05		
Marz-7-1996	1		0		0,06		
Marz-8-1996	1		0		0,05		
Abr-96	1		0				
Oct-31-1996	1	0,05	0,0038	11,6	134,5	236,9	40000

Nov-2-1996	1	0,05	0,0001	11,7	19,5	60,1	1100000
Nov-4- 1996	1	0,05	0,0001	442,1	743,9	0,5	11000
Febre-6-1997	2	0,05	0,0001	11	51,2	211	24000000
Febre-8-1997	2	0,05	0,0001	1805	2859	1238,1	93000
Febre-10-1997	2	0,05	0,0001	1482	2276,7	2690	93000
Marz-14-1997	2	0,05	0,0001	307,1	416,9	2223,2	24000
May-26-1997	2	0,05	0,0001	8,1	27,3	25,9	2375
May-28-1997	2	0,05	0,0001	9,75	0,2	0,5	5850
May-30-1997	2	0,05	0,0001	9,45		200,3	15000
Sept-15-1997	2	0,05	0,0001	91,15	730,7	16890	49000
Sept-17-1997	2	0,05	0,0001	23,65	1329	17992	35000
Sept-22-1997	2	0,05	0,0001	5,75	3222	24126	18500
Dic-1-1997	2	0,05	0,0001	72,2	22,1	24483,7	24000000
Dic-3-1997	2	0,05	0,0001	45,3	623,1	24574,7	150000
Dic-5-1997	2	0,05	0,0001	6,6	199,8	5428,9	240000
Mar-98	3	0,05	0,0001	14,7	77,8	50,7	240000
Sept-12-1999	4		0,001	1,7	0,001	0,545	20
Sept-13-1999	4		0,001	1,2	0,001	0,122	21
Sept-14-1999	4		0,001	1	0,001	0,001	11
May-15-2000	5		0,1	0,1	11,5	46	400
May-17-2000	5		0,1	0,5	411,3	87,2	23000
May-19-2000	5		0,1	12,2	342,9	7455	900
Año	Epoca	C.FCL (NMP/ml)	Sulfuros (mg/L)	Acidez (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cadmio (mg/L)
Marz-4-1996	1	2400	0	29,1	0,35	8,82	0
Marz-7-1996	1	2400	0	29,57	0,13	2,3	0
Marz-8-1996	1	2400	0	29,9	0,24	6	0
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	40000					
Nov-2-1996	1	93000					
Nov-4- 1996	1	280					
Febre-6-1997	2	24000000					
Febre-8-1997	2	93000					
Febre-10-1997	2	93000					
Marz-14-1997	2	24000					
May-26-1997	2	130					
May-28-1997	2	3350					
May-30-1997	2	7500					
Sept-15-1997	2	6000					
Sept-17-1997	2	35000					
Sept-22-1997	2	2300					
Dic-1-1997	2	1700000					
Dic-3-1997	2	58000					
Dic-5-1997	2	240000					
Mar-98	3	24000					
Sept-12-1999	4	2					0,002
Sept-13-1999	4	3					0,002

Sept-14-1999	4	2					0,001
May-15-2000	5						0,01
May-17-2000	5						0,01
May-19-2000	5	900					0,01
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Niquel (mg/L)	Nitrit(mg/L)	
Marz-4-1996	1	0	0	0	0,012		
Marz-7-1996	1	0,008	0	0	0,013		
Marz-8-1996	1	0,008	0	0	0,021		
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1						
Nov-2-1996	1						
Nov-4- 1996	1						
Febre-6-1997	2					0	
Febre-8-1997	2					0	
Febre-10-1997	2					0	
Marz-14-1997	2						
May-26-1997	2					0	
May-28-1997	2					0	
May-30-1997	2					0	
Sept-15-1997	2					0	
Sept-17-1997	2					0	
Sept-22-1997	2					0	
Dic-1-1997	2					0,03	
Dic-3-1997	2					0	
Dic-5-1997	2					0	
Mar-98	3					0,09	
Sept-12-1999	4						
Sept-13-1999	4						
Sept-14-1999	4						
May-15-2000	5						
May-17-2000	5						
May-19-2000	5						

Planta Porvenir salida del separador API

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Marz-4-1996	1	9,8	23,4	8,75	120		
Marz-7-1996	1	8,1	26	7	210		
Marz-8-1996	1	5,8	27	6,96	100		
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	5,66	25,16	8,02	35,33	11,83	20
Nov-2-1996	1	6,8	26,2	8,69	41	10,53	17
Nov-4-1996	1	6,73	26,13	7,7	35,33	12,6	5,33
Febre-6-1997	2	3,03	26,26	6,27	176,833	4,4	20
Febre-8-1997	2	0,733	25,13	7,65	573,66	20,81	34
Febre-10-1997	2	0,9	25,36	7,58	423,66	13,98	30
Marz-14-1997	2	4	24,33	7,53	703,33	11,7	90
May-26-1997	2	4,2	23,3	6,73	82,66	44	12,6
May-28-1997	2	4,76	24,13	5,03	78,33	27,66	11,2
May-30-1997	2	1,633	23,8	6,76	276,33	34	18,33
Sept-15-1997	2	5,2	30,76	7,66	239,33	35,4	19,66
Sept-17-1997	2	3,86	30,9	7,66	206,66	25,16	16,66
Sept-22-1997	2	4,46	29,1	8,03	45,33	44,46	13,66
Dic-1-1997	2	5,6	26,33	6,96	66,33	27,36	18
Dic-3-1997	2	2,03	29,36	6,91	85	36,43	20
Dic-5-1997	2	0,9	26,83	7,3	95	40,33	25,66
Mar-98	3	3,6	28,2	7,4	167	5	35
Sept-12-1999	4	7,55	25,5	7,06	60		
Sept-13-1999	4	7,6	25,5	7,21	62,95		
Sept-14-1999	4	7,6	26,5	7,52	74,25		
May-15-2000	5	5,3	24,2	6,35	93		
May-17-2000	5	4,1	24,2	7,4	158		
May-19-2000	5	6	24,1	6,8	115		
Año	Epoca	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1			1,69	18,8	41,19	4
Oct-31-1996	1	11	6,3	0	3	16	4,7
Nov-2-1996	1	18	6,8	2,51	11	24	6,3
Nov-4-1996	1	10	6,8	0	5	11	0
Febre-6-1997	2	32	44	0	11	110	3,2
Febre-8-1997	2	46	114,1	0,23	57	130	5
Febre-10-1997	2	40	99,8	0	26	62	8,1
Marz-14-1997	2	80	251,2	0	1	4	4,8
May-26-1997	2	24	13,4	0,4	5	9	5,2
May-28-1997	2	14	15,7	0	28	40	6,7
May-30-1997	2	30	78,1	0	7	9	3,15
Sept-15-1997	2	26	46,9	1,11	19	28	4,65
Sept-17-1997	2	22	44,5	0,3	28,5	94	2,05

Sept-22-1997	2	12	4,4	0	10	60	11,5
Dic-1-1997	2	20	5,8	0,22	9	48	17,6
Dic-3-1997	2	20	6,3	0,29	13,5	64	15,2
Dic-5-1997	2	28	7,4	0,3	9,5	67	2,5
Mar-98	3	30	11,5	0,23	24	30	9,3
Sept-12-1999	4				12	41	0,2
Sept-13-1999	4				10	52	0,2
Sept-14-1999	4				12	38	0,2
May-15-2000	5				4	9	0,8
May-17-2000	5				9	21	3,1
May-19-2000	5				7	17	1,8
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	S.spd (mg/L)	S.dst (mg/L)	Fenoles (mg/L)	SAAM (mg/L)	Plm(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1		8		0,0027		0
Oct-31-1996	1	68	5	63	0	0,15	0,12
Nov-2-1996	1	43	5	38	0	0,17	0,3
Nov-4-1996	1	49	6	43	0	0,12	0,18
Febre-6-1997	2	145	5	140	0,06	0,36	0,05
Febre-8-1997	2	330	17	280	0,92	0,45	0,05
Febre-10-1997	2	428	19	409	0,25	0,24	0,05
Marz-14-1997	2	590	10	580	0,741	0,19	0,05
May-26-1997	2	110	37	73	0,03	17	0,05
May-28-1997	2	105	21	84	0,065	0,1	0,05
May-30-1997	2	278	25	253	0,03	0,14	0,05
Sept-15-1997	2	128	17	111	0,37	0,28	0,05
Sept-17-1997	2	162	30	132	0,37	0,08	0,05
Sept-22-1997	2	53	16	37	0,085	0,08	0,05
Dic-1-1997	2	87	28	59	0,035	0,14	0,05
Dic-3-1997	2	124	33	91	0,2675	0,1	0,05
Dic-5-1997	2	136	60	76	0,135	0	0,05
Mar-98	3	112	10	102	0,405	0,28	0,05
Sept-12-1999	4	106,4	72	34,4	0,002	0,002	0,01
Sept-13-1999	4	100	70,6	29,4	0,001	0,002	0,01
Sept-14-1999	4	139,1	89,7	49,4	0,001	0,002	0,01
May-15-2000	5	82	2	80	0	0,36	0,05
May-17-2000	5	240	2	238	0	0,24	0,05
May-19-2000	5	83	2	79	0	0,07	0,05
Año	Epoca	Cr(mg/L)	Mercurio (mg/L)	Hidroca.T (mg/L)	H.A.P(µg/L)	Hidr.Petrog(µg/L)	C.T(NMP/ml)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1		0				
Oct-31-1996	1	0,05	0,0001	2,2	0,2	0,5	43
Nov-2-1996	1	0,05	0,0001	1,3	0,2	15,5	40

Nov-4-1996	1	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	40
Febre-6-1997	2	0,05	0,0001	2,6	7,4	71,9	43000
Febre-8-1997	2	0,05	0,0001	1,6	44,4	38,9	23000
Febre-10-1997	2	0,05	0,0001	617	23,8	20,9	2400
Marz-14-1997	2	0,05	0,0001	2,5	0,5	0,5	11000
May-26-1997	2	0,05	0,0001	2,5		0,5	2515
May-28-1997	2	0,05	0,0001	1,3	0,2	0,5	6200
May-30-1997	2	0,05	0,0001	0,6	0,2	0,5	230
Sept-15-1997	2	0,05	0,0001	2,95	8,46	529,6	20000
Sept-17-1997	2	0,05	0,0001	1	13,9	615,9	300
Sept-22-1997	2	0,05	0,0001	2,2	5,64	554,1	1500
Dic-1-1997	2	0,05	0,0001	0,4	0,2	0,5	46000
Dic-3-1997	2	0,05	0,0001	0,7	0,2	810,5	24000000
Dic-5-1997	2	0,05	0,0001	0,9	20	836,4	240000
Mar-98	3	0,05	0,0001	2,5	218,5	6693,5	14000
Sept-12-1999	4		0,001	0,2		0,001	43
Sept-13-1999	4		0,001	0,1		0,001	21
Sept-14-1999	4		0,001	0,1		0,001	21
May-15-2000	5		0,1	0,1	58,6	0,2	1100
May-17-2000	5		0,1	0,1	0,2	81,3	23
May-19-2000	5		0,1	0,2	0,2	135	930
Año	Epoca	C.FCL (NMP/ml)	Nitrit(mg/L)	Cadmio (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Acidez (mg/L)	Fulfatos (mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	23					
Nov-2-1996	1	40					
Nov-4-1996	1	40					
Febre-6-1997	2	43000	0				
Febre-8-1997	2	23000	0				
Febre-10-1997	2	2400	0				
Marz-14-1997	2	2400					
May-26-1997	2	2345	0				
May-28-1997	2	270	0				
May-30-1997	2	230	0				
Sept-15-1997	2	1700	0				
Sept-17-1997	2	80	0				
Sept-22-1997	2	1500	0				
Dic-1-1997	2	46000	0				
Dic-3-1997	2	1600000	0				
Dic-5-1997	2	110000	0				
Mar-98	3	14000	0				
Sept-12-1999	4	2		0,001			
Sept-13-1999	4	2		0,001			
Sept-14-1999	4	2		0,001			

May-15-2000	5	150		0,01		
May-17-2000	5	9		0,01		

Planta el Porvenir Aguas arriba (Quebrada la Pedregosa)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	7	25,3	8,02	17	5,3	13
Nov-2-1996	1	7,4	23,6	7,73	16	3,1	8
Nov-4-1996	1	6,5	25,9	6,9	12	3,5	8,4
May-26-1997	2	6,7	22,3	6,2	17	18	8,4
May-28-1997	2	7	23	5,4	15	4	12,6
May-30-1997	2	7	22,3	6,5	16	5	8,4
Dic-1-1997	2	7,6	29	6,98	11	2	4
Dic-3-1997	2	6,7	31,3	6,5	16	1,93	11
Dic-5-1997	2	5,8	25	6,87	17	1,5	4
Año	Epoca	D.T(mg/L)	Cl(mg/L)	Nitrat(mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	6	3,4	0	1	2	3,4
Nov-2-1996	1	7	2,9	0	1	1	2,3
Nov-4-1996	1	15	3,4	0	1	1	4,8
May-26-1997	2	20	1,3	0	1	3	0,25
May-28-1997	2	18	3,2	0,61	1,5	2	0
May-30-1997	2	10	3,2	0	2	3	0,45
Dic-1-1997	2	12	0,5	0,27	1,5	3	5
Dic-3-1997	2	10	0	0,43	1	4	4,7
Dic-5-1997	2	8	0,5	0,23	1,5	6	3,9
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.dst(mg/L)	Fenoles(mg/L)	SAAM(mg/L)	Plm(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	32	5	27	0	0,04	0,05
Nov-2-1996	1	34	3	31	0	0	0,05
Nov-4-1996	1	35	3	32	0	0,04	0,05
May-26-1997	2	40	11	29	0	0,18	0,05
May-28-1997	2	15	3	12	0	0,21	0,05
May-30-1997	2	15	3	12	0	0,18	0,05
Dic-1-1997	2	20	3	17	0	0,04	0,05
Dic-3-1997	2	20	2	18	0	0	0,05
Dic-5-1997	2	16	1	15	0	0	0,05

Año	Epoca	Cr(mg/L)	Mercurio (mg/L)	Hidrocarb.T (mg/L)	H.A.P(µg/L)	Hidr.Petrog(µg/L)	C.T(NMP/ml)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	930
Nov-2-1996	1	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	930
Nov-4-1996	1	0,05	0,0001	0,5	0,2	26,2	1100
May-26-1997	2	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	2765
May-28-1997	2	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	260
May-30-1997	2	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	2460
Dic-1-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	750
Dic-3-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	150
Dic-5-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	240
Año	Epoca	C.F (NMP/ml)	Acidez (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cadm(mg/L)	Nitrit(mg/L)
Marz-4-1996	1						
Marz-7-1996	1						
Marz-8-1996	1						
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	430					
Nov-2-1996	1	430					
Nov-4-1996	1	20					
May-26-1997	2	2355					
May-28-1997	2	90					
May-30-1997	2	2440					
Dic-1-1997	2	750					0
Dic-3-1997	2	75					0
Dic-5-1997	2	65					0

Planta el Porvenir Aguas abajo (Quebrada la Pedregosa)

Año	Epoca	O.D(mg/L)	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Marz-4-1996	1	10,7	25,2	7,92	20		12,4
Marz-7-1996	1	7,8	27	7,74	20		12,4
Marz-8-1996	1	11	26,4	7,82	20		18,6
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	7,4	25,9	8,65	34	17,8	13
Nov-2-1996	1	6	23,1	7,7	19	6,5	13
Nov-4-1996	1	6,8	26,7	7,2	22	10,6	8,4
May-26-1997	2	7,5	21,4	7	19	6	8,4
May-28-1997	2	7,4	24	6,1	19	12	12,6
May-30-1997	2	7,2	21,9	6,3	18	12	8,4
Dic-1-1997	2	7,6	30	6,84	15	5	5
Dic-3-1997	2	7,1	31,4	6,8	25	4,8	9
Dic-5-1997	2	5,3	26	6,85	28	4,5	9
Año	Epoca	D.T(mg/L)	Cl(mg/LCl)	Nitrat(mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Marz-4-1996	1			0,8	3,64	6,5	0,5
Marz-7-1996	1			0,73	5,1	9,7	1,5
Marz-8-1996	1			0,66	23,4	35,8	1,2
Abr-96	1			0,73	10,71	17,33	1,07
Oct-31-1996	1	6	3,4	0	2	4	4,2
Nov-2-1996	1	9	2,9	0	1	4	3,3
Nov-4-1996	1	14	3,9	0	3	10	9,5
May-26-1997	2	20	1,8	0,3	1,5	2	3,4
May-28-1997	2	20	1,8	0,22	2,5	4	0,65
May-30-1997	2	12	1,4	0	1,5	3	2,95
Dic-1-1997	2	20	0,5	0,22	2	4	9,4
Dic-3-1997	2	12	0,9	0,5	1,5	5	4,4
Dic-5-1997	2	8	1,5	0,3	1,5	5	2,3
Año	Epoca	S.tls(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.dst(mg/L)	Fenoles(mg/L)	SAAM(mg/L)	Plm(mg/L)
Marz-4-1996	1		7	10	0		0
Marz-7-1996	1		11	10	0,05		0
Marz-8-1996	1		10	10	0		0
Abr-96	1		9,33		0,017		0
Oct-31-1996	1	37	5	32	0,009	0,04	0,05
Nov-2-1996	1	33	4	29	0	0	0,05
Nov-4-1996	1	30	6	24	0	0,05	0,05
May-26-1997	2	32	12	20	0	0,14	0,05
May-28-1997	2	20	7	13	0	0,14	0,05
May-30-1997	2	24	8	16	0	0,12	0,05
Dic-1-1997	2	28	2	26	0	0,07	0,05
Dic-3-1997	2	33	3	30	0	0	0,05
Dic-5-1997	2	19	2	17	0	0	0,05

Año	Epoca	Crn(mg/L)	Mercurio(mg/L)	Hidr.T(mg/L)	H.A.P(µg/L)	Hidr.Petrog (µg/L)	C.T (NMP/ml)
Marz-4-1996	1		0				23
Marz-7-1996	1		0				2400
Marz-8-1996	1		0				23
Abr-96	1		0				
Oct-31-1996	1	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	4600
Nov-2-1996	1	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	230
Nov-4-1996	1	0,05	0,0001	1,1	14,1	33,2	40
May-26-1997	2	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	3050
May-28-1997	2	0,05	0,0001	0,2	0,2	0,5	1250
May-30-1997	2	0,05	0,0001	0	0,2	0,5	3500
Dic-1-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	93000
Dic-3-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	460
Dic-5-1997	2	0,05	0,0001	0,1	0,2	0,5	460
Año	Epoca	C.FCL (NMP/ml)	Sulfuros(mg/L)	Acidez(mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cadmio (mg/L)
Marz-4-1996	1	240	0	3,9	0,35	1,9	0
Marz-7-1996	1	2400	0	11,7	0,05	3,9	0
Marz-8-1996	1	23	0	8,45	0,01	4,7	0
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1	230					
Nov-2-1996	1	40					
Nov-4-1996	1	40					
May-26-1997	2	2400					
May-28-1997	2	1250					
May-30-1997	2	3500					
Dic-1-1997	2	23000					
Dic-3-1997	2	91,5					
Dic-5-1997	2	460					
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Vanadio(mg/L)	Molibd(mg/L)	Niquel (mg/L)	Nitrit(mg/L)	
Marz-4-1996	1	0	0	0	0		
Marz-7-1996	1	0,008	0	0	0,02		
Marz-8-1996	1	0,008	0	0	0,02		
Abr-96	1						
Oct-31-1996	1						
Nov-2-1996	1						
Nov-4-1996	1						
May-26-1997	2						
May-28-1997	2						
May-30-1997	2						
Dic-1-1997	2						0
Dic-3-1997	2						0
Dic-5-1997	2						0

Planta Manizales entrada al separador CPI

Epoca	Temp(°C)	PH(UNID)	Cdtv(µs/cm)	S.dst(mg/L)	Alca.T(mg/L)	TBED (UNT)	Dureza.T(mg/L)
1	18,2	6,6	247,8	163,3	114,6	11	108,1
1	16,7	6,6	224	147	112,5	74,8	102
1	16,5	6,7	192,5	127,5	104,3	24,9	81,3
3	22,6	6,9	267	1057	129,3	235	186,2
3	21,3	6,9	381	2038	157,7	207	234
4	19,2	6,57	215	154	88,55	13,1	84,82
4	18,8	6,75	179	176	78,92	102	84,77
5	19,5	7,23	204	101	94	52,7	84
Epoca	O.D(mg/L)	CL(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.tls(mg/L)	Nitrit.(mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO(mg/L)
1	4,9	10,4	3363	3614	0	22,4	1140
1	5,6	10,4	231	328	0,01	21,4	38,3
1	6,6	10,4	45	182	0	11,04	35,4
3	4,8	15	218	1275	0	0	865
3	3,8	80	415	2453	0	0	234
4	4,52		11	164	0,006	0,3	21
4	0,74		19	195	0,006	5	48
5	0,1		22	123	0,01	0,01	8
Epoca	DQO(mg/L)	GyA (mg/L)	Hidr.T(mg/L)	Hidr.petrog (mg/L)	Fenoles (mg/L)	SAAM (mg/L)	Cr(mg/L)
1	2810	1,21	5,83	5,27	0	0,04	0
1	70,4	5,4	1,1	0,8	0,07	1,5	0,01
1	70,4	0,5	0	0	0	0,6	0
3	1737	1045	1045		0,15	0,15	2,8
3	578	458,3			0,096		
4	88	443,4			0,03		0,05
4	7505	13047			0,155		0,58
5	22	3			0,01	0,1	0,01
Epoca	Plm(mg/L)	Mercurio (mg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL (NMP/ml)	Hierro.T (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	
1	3,19	0	276,5	3,5			
1	0	0	552	3			
1	0	0	240	3			
3			230	161	2,8	7,2	
3			230	110	1,2	8,6	
4	0,05		16000	2			
4	0,05		3000	700			
5	0,1		1500	3		12	

Planta Manizales salida al separador CPI

Epoca	Temp(°C)	PH(UNID)	Cdtv(µs/cm)	S.dst(mg/L)	Alca.T(mg/L)	TBED (UNT)	O.D (mg/L)
1	18,8	7	202	136	129,1	15,2	6,7
1	17,2	7,3	221	140	150,7	47	8,2
1	16,3	7,4	208	136	92,7	14,5	9,1
3	23	6,7	228	238	101,6	45	5
3	23	7,1	332	745	123,2	89	4,1
4	19,4	6,75	225	158	90,51	11,4	2,29
4	18,3	6,71	176	148	76,85	3,4	3,78
5	19,4	7,1	213	106	102	26	0,1
Epoca	CL(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.tls(mg/L)	Nitrit.(mg/L)	Nitrat.(mg/L)	D.T(mg/L)	DBO (mg/L)
1	10,4	4	182	0,02	4,4	85,6	11,37
1	6,97	20	206	0,03	10,23	91,6	9,8
1	10,4	15	193	0,01	7,41	81,3	4,22
3	12	42	280	0	0	139	256
3	70	67	812	0	0	210	146
4		11	168	0,006	0,4	89,44	9
4		5	153	0,007	0,7	82,16	13
5			122	0,01	0,01	86	16
Epoca	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)	Hidro.T (mg/L)	Hidr.petrog(µg/L)	Fenoles(mg/L)	Hierro.T (mg/L)	SAAM (mg/L)
1	23,8	2,7	1,5	0,9	0		0
1	30,4	1,4	0	0	0		0,41
1	22,4	1	0	0	0		0,11
3	641	52,4			0,004	0,56	
3	325	38,6			0,006	0,8	
4	22	0,5			0,01		
4	41	1,1			0,113		
5	38	4,38			0,44		0,1
Epoca	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)	Hidrocar.T (mg/L)	Hidr.petrog(µg/L)	Fenoles (mg/L)	H.T(mg/L)	SAAM (mg/L)
1	23,8	2,7	1,5	0,9	0		0
1	30,4	1,4	0	0	0		0,41
1	22,4	1	0	0	0		0,11
3	641	52,4			0,004	0,56	
3	325	38,6			0,006	0,8	
4	22	0,5			0,01		
4	41	1,1			0,113		
5	38	4,38			0,44		0,1

Epoca	Cr(mg/L)	PIm(mg/L)	Mercurio(mg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL(NMP/ml)	SFTS(mg/L)	
1	0	0	0	33	3,5		
1	0	0,04	0	8,5	3		
1	0	0	0	93	3		
3				230	11	6,4	
3				230	110	7,5	
4	0,05	0,05		1600	2		
4	0,05	0,05		3000	2		
5	0,01	0,1		930	230	25	

Planta Manizales Aguas arriba (Quebrada Manizales)

Epoca	Temp(°C)	PH (UNID)	Cdtv (µs/cm)	S.dst(mg/L)	Alca.T(mg/L)	TBED(UNT)	O.D(mg/L)
3	19,2	9,4	597	394	462	78,7	3,2
4	16,4	7	360	275	50,38	73,5	6,41
4	16,7	9	265	248	73,17	292	6,57
5	17,8	7,52	341	170	106	113	2,35
Epoca	CL(mg/L)	S.spd (mg/L)	S.tls(mg/L)	Nitrit.(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Nitrat.(mg/L)	Dureza.T (mg/L)
3	29	123	517	0,8	65	5,8	367
4		107	382	0,07		0,5	98,89
4		600	848	0,06		0,7	79,36
5		106	276	0,01	80	0,01	71
Epoca	DBO(mg/L)	DQO (mg/L)	GyA(mg/L)	Hidroca.T (mg/L)	Hidr.petrog (µg/L)	Fenoles (mg/L)	Hierro.T (mg/L)
3	468	586	10,9			0	0,8
4	38	66	1,5			0,021	
4	59	196	3,1			0,091	
5	24	41	3,11			0,01	
Epoca	SAAM(mg/L)	Cr(mg/L)	PIm(mg/L)	Mercurio (mg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL (NMP/ml)	
3					23000	2300	
4		0,05	0,05		3500	40	
4		0,05	0,05		1300	2	
5	0,1	0,01	0,1		1500	230	

Planta Manizales Aguas abajo (Quebrada Manizales)

Epoca	Temp(°C)	PH(UNID)	Cdtv(µs/cm)	S.dst(mg/L)	Alca.T(mg/L)	TBED(UNT)	O.D(mg/L)
1	20,8	1,5	551	432	93	48,8	3,9
1	18,7	7,7	343	235	85,3	59,7	7,2
1	20,3	7,8	318	208	90,4	25,5	3,9
3	19,3	9,4	605	409	485	75,3	3,3
4	17,3	7,11	415	421	49,07	62,6	6,3
4	19,6	8,57	307	425	76,16	368	6,44
5	17,5	7,58		166	106		2,05
Epoca	CL(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.tls(mg/L)	Nitrit.(mg/L)	Sulfatos(mg/L)	Nitrat.(mg/L)	Dureza.T(mg/L)
1	111,6	55	501	0		24,3	102,07
1	13,9	237	515	0		6,98	95,1
1	10,4	46	363	0		24,1	66,6
3	27	118	527	0,9	62	5,9	378
4		117	538	0,006		0,3	119,8
4		580	1005	0,01		1	89,98
5		141	307	0,01	69	0,01	64
Epoca	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)	Hidr.T(mg/L)	Hidr.petrog(µg/L)	Fenoles(mg/L)	Hierro.T(mg/L)
1	57,5	135,4	10,84	0,91	0,68	0	
1	57,5	73,6	3,3	1,6	1,21	0	
1	98,5	220,1	4,3	0,85	0,64	0	
3	456	598	9,8			0	1
4	390	711	1,6			0,015	
4	450	483	4,3			0,08	
5	34	62	3,68			0,01	
Epoca	SAAM(mg/L)	Cr(mg/L)	Plm(mg/L)	Mercurio(mg/L)	C.T(NMP/ml)	C.FCL(NMP/ml)	
1	0,01	0,017	0	0	1211,5	48	
1	0,31	0	0	0	12	3	
1	0,29	0	0	0	1430	780	
3					23000	2300	
4		0,05	0,05		16000	800	
4		0,05	0,05		28000	8000	
5	0,1	0,01	0,1		4600	3	

Planta Puerto Salgar entrada al separador api 1

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	420	3,47	8,11	31,93	202	6
Sept-2-1996	1	446	3,13	8,4	30,3	216	43
Sept-3-1996	1	425	2,7	8,24	31,77	224	13
Jul-5-1997	2	406	6,3	7,6	26		8
Jul-7-1997	2	411	5,2	8,11	27		6
Jul-9-1997	2	397	6,1	7,93	27,5		2
Nov-23-1998	3	213,3	3,2	7,33	32,6	146,6	216
Nov-25-1998	3	376,6	3,6	7,53	30	174,6	181
Nov-27-1998	3	140	3,8	7,24	29,6	90	84
Nov-25-1999	4	220	2,2	6,99	30,2		70
Nov-27-1999	4	1349	0,1	8,64	30,5		56
Nov-29-1999	4	784	0,2	7,86	31,6		96
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,1	208	11	10	40	10,1
Sept-2-1996	1	0,1	259	11	10	29	38,4
Sept-3-1996	1	0,1	237	14	11	48	8,9
Jul-5-1997	2		262		7,5	17	8,8
Jul-7-1997	2		265		6	9	4,1
Jul-9-1997	2		317		4,5	17	7,75
Nov-23-1998	3		848		57		5,49
Nov-25-1998	3		754		36		5,49
Nov-27-1998	3		241		40		5,6
Nov-25-1999	4		372		103		67
Nov-27-1999	4		1673		1431		378,9
Nov-29-1999	4		1797		947		205
Año	Epoca	Hidroc.T (mg/L)	HAP(μg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadm(mg/L)
Agost-31-1996	1	7,3	12,51	0,01	0,002	0,03	0,005
Sept-2-1996	1	33,8	0,01	0,01	0,002	0,03	0,005
Sept-3-1996	1	6,2	3,22	0,01	0,002	0,03	0,005
Jul-5-1997	2	6,8	31,9	0,305			0,01
Jul-7-1997	2	5,65	35,7	0,23			0,02
Jul-9-1997	2	1,1	2,6	0,265			0,05
Nov-23-1998	3	4,34		0,067			
Nov-25-1998	3	3,68		0,07			
Nov-27-1998	3	4,42		0,09			
Nov-25-1999	4	52,6		4,02			
Nov-27-1999	4	198,2		180,39			
Nov-29-1999	4	124,3		203,49			

Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo(mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio(mg/L)	C.FCL (NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Sept-2-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Sept-3-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			24000000
Jul-7-1997	2		0,0001	0,86			3500
Jul-9-1997	2		0,0001	0,37			2400
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T(mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	24000000	2,7	135,5	110	4,9	4,72
Jul-7-1997	2	5700	1	163	132	2,7	0,46
Jul-9-1997	2	2400	2,4	244,5	146	4	0,68
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	Nitrit(mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM(mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibd(mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0	0,3	0,03	0,05	0,01	0,01
Jul-7-1997	2	0,01	0	0,13	0,05	0,16	0,01
Jul-9-1997	2	0	0	0,13	0,05	0,13	0,01
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						

Planta Puerto Salgar entrada al separador api 2

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	369	0,3	7,29	30,6	171	104
Sept-2-1996	1	419	0,37	7,29	30,57	211	12
Sept-3-1996	1	421	0,13	8,01	31,33	223	10
Jul-5-1997	2	411	6,15	7,99	17		2
Jul-7-1997	2	298,5	5,3	8,2	26		9
Jul-9-1997	2	324,5	5,6	7,2	27		20
Nov-23-1998	3	183,3	4,5	7,57	31	123,3	276
Nov-25-1998	3	450	4,7	7,54	30	296,6	
Nov-27-1998	3	320	4,2	7,59	29,6	216,6	
Nov-25-1999	4	449	1,6	7,41	28,3		179
Nov-27-1999	4	478	0,3	7,49	29,5		31
Nov-29-1999	4	463,8	0,6	7,39	30		19
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,1	275	12	170	465	195,8
Sept-2-1996	1	0,1	223	12	21	43	10,2
Sept-3-1996	1	0,1	233	14	25	70	10,6
Jul-5-1997	2		286		3,5	6	0,9
Jul-7-1997	2		223		2,5	8	9,8
Jul-9-1997	2		299		7	16	8,8
Nov-23-1998	3		402		60		3,62
Nov-25-1998	3				57		4,8
Nov-27-1998	3				40		9,7
Nov-25-1999	4		397		69		28,9
Nov-27-1999	4		395				
Nov-29-1999	4		328				
Año	Epoca	Hidrocar.T (mg/L)	HAP(μg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)
Agost-31-1996	1	160	28,53	0,1	0,002	0,03	0,005
Sept-2-1996	1	8,3	16,92	0,18	0,002	0,03	0,005
Sept-3-1996	1	7,4	187,9	1,35	0,002	0,03	0,005
Jul-5-1997	2	1,6	9,7	0,135			0,01
Jul-7-1997	2	2	7,7	0,155			0,03
Jul-9-1997	2	2,35	0,7	0,245			0,09
Nov-23-1998	3	2,37		0,066			
Nov-25-1998	3	4,7		0,135			
Nov-27-1998	3	8		0,074			
Nov-25-1999	4	23,5		4,15			
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plm(mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.F(NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Sept-2-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Sept-3-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			90

Jul-7-1997	2		0,0001	0,63			241,5
Jul-9-1997	2		0,0001	0,45			240000
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	445	2,5	176,5	110	5,8	1,05
Jul-7-1997	2	461,5	1	163,5	100	7,1	1,97
Jul-9-1997	2	240000	26	176,5	96	2,2	1,88
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	Nitrit(mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM (mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibd(mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0,08	0,61	0,03	0,05	0,04	0,01
Jul-7-1997	2	0	0,85	0,1	0,05	0,15	0,01
Jul-9-1997	2	0,37	0,69	0,26	0,07	0,15	0,01
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						

Planta Puerto Salgar salida al separador api 1

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	178	1,97	7,61	30,43		
Sept-2-1996	1	352	0,2	7,66	30,7		
Sept-3-1996	1	358	0,13	7,72	31,1		
Jul-5-1997	2	269	0,95	7,5	18		11
Jul-7-1997	2	303	0,8	7,2	26		15
Jul-9-1997	2	267,5	4	6,7	27		30
Nov-23-1998	3	133,3	1,9	7,28	30,6	80	215
Nov-25-1998	3	170	1,93	7,2	30	106,6	196
Nov-27-1998	3	186,6	1,83	7,27	30	126,6	90
Nov-25-1999	4	177	0,8	6,82	30,3		5
Nov-27-1999	4	204	0,7	6,99	31,4		19
Nov-29-1999	4	190,5	1,6	6,95	30,6		11
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1						16,3
Sept-2-1996	1						18,7
Sept-3-1996	1						13,9
Jul-5-1997	2		266		6	44	7
Jul-7-1997	2		306		6	28	5,7
Jul-9-1997	2		295		5,5	41	1,05
Nov-23-1998	3		998		45		1,89
Nov-25-1998	3		971		44		1,69
Nov-27-1998	3		348		50		1,9
Nov-25-1999	4		197		56		8,2
Nov-27-1999	4		256		79		41,2
Nov-29-1999	4		267		100		26,3
Año	Epoca	Hidroc.T (mg/L)	HAP(μg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	7,8	46,9	0,08			0,01
Jul-7-1997	2	5,3	7,8	0,1			0,01
Jul-9-1997	2	3,6	15,5	0,175			0,05
Nov-23-1998	3	1,56		0,07			
Nov-25-1998	3	1,76		0,05			
Nov-27-1998	3	1,58		0,02			
Nov-25-1999	4	2,4		1,69			
Nov-27-1999	4	24,6		2,86			
Nov-29-1999	4	2,9		3,32			
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.FCL (NMP/ml)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			13200000

Jul-7-1997	2		0,0001	0,7			23000
Jul-9-1997	2		0,0001	0,3			1400
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T (mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierrp.T (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	13200000	25	136,5	120	4,9	4,8
Jul-7-1997	2	34500	27	201,5	152	4,5	0,35
Jul-9-1997	2	1500	16	238	136	2,2	1,73
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM (mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibdeno (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0	1,02	0,48	0,08	0,03	0,01
Jul-7-1997	2	0,01	1,1	0,29	0,05	0,12	0,01
Jul-9-1997	2	0	0,53	0,2	0,64	0,12	0,01
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						

Planta Puerto Salgar salida al separador api 2

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	159	0,03	7,38	29,83		
Sept-2-1996	1	265	0	7,66	29,63		
Sept-3-1996	1	355	0	7,77	31,17		
Jul-5-1997	2	280,5	1,15	7,72	18		8
Jul-7-1997	2	304	0,75	7,7	28		18
Jul-9-1997	2	294,5	4,25	6,76	28,5		13
Nov-23-1998	3	123,3	2,6	7,5	30,6	86,6	474
Nov-25-1998	3	240	2,2	7,34	30	163,3	465
Nov-27-1998	3	170	3,56	4,97	30,3	106,6	128
Nov-25-1999	4	364	0,8	6,91	29,6		15
Nov-27-1999	4	383	0,6	7,44	30,8		9
Nov-29-1999	4	373,5	0,3	7,31	29,9		25
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1						13,8
Sept-2-1996	1						10,6
Sept-3-1996	1						18,13
Jul-5-1997	2		267		25,5	51	10,65
Jul-7-1997	2		273		18	99	11,2
Jul-9-1997	2		285		13	146	11,85
Nov-23-1998	3		602			44	3,04
Nov-25-1998	3		591		43		3,01
Nov-27-1998	3		295		51		3
Nov-25-1999	4		303		32		7,6
Nov-27-1999	4		309		32		6,7
Nov-29-1999	4		349		48		2,2
Año	Epoca	Hidro.T (mg/L)	HAP(μg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsenico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	5,65	694,7	0,12			0,01
Jul-7-1997	2	3,65	424,4	0,115			0,01
Jul-9-1997	2	3,7	15,9	0,23			0,04
Nov-23-1998	3	1,84		0			
Nov-25-1998	3	1,54		0			
Nov-27-1998	3	1,71		0			
Nov-25-1999	4	2,1		1,98			
Nov-27-1999	4	2,9		0,088			
Nov-29-1999	4	0,5		0,252			
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.FCL (NMP/ml)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			1015

Jul-7-1997	2		0,0001	0,42			2300
Jul-9-1997	2		0,0001	0,28			14250000
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T (mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	1015	29	135,5	100	1,3	1,67
Jul-7-1997	2	3450	25,5	171	100	2,7	1,7
Jul-9-1997	2	14250000	19	163,5	86	0,9	2,18
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						
Año	Epoca	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM (mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibdeno (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0	2,73	1,32	0,05	0,08	0,01
Jul-7-1997	2	0,01	1,55	0,59	0,05	0,16	0,01
Jul-9-1997	2	0,01	1,64	0,7	0,13	0,25	0,01
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4						
Nov-27-1999	4						
Nov-29-1999	4						

Planta Puerto Salgar salida de la piscina de oxidación

Año	Epoca	Cdtv(μ /cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp($^{\circ}$ C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	239	2	7,71	31,07	113	30
Sept-2-1996	1	234	1,4	7,65	29,63	117	18
Sept-3-1996	1	227	1,57	7,64	30,73	120	19
Jul-5-1997	2	204,5	4,8	7,68	23		16
Jul-7-1997	2	216	5,4	7,49	27		24
Jul-9-1997	2	216	3,9	7,07	28		45
Nov-23-1998	3	66,6	5,8	7,33	29,3	150	36
Nov-25-1998	3	130	5,2	7,38	29	270	45
Nov-27-1998	3	110	6,4	7,12	30,3	96,6	10
Nov-25-1999	4	149	4,6	7,24	28,5		31
Nov-27-1999	4	154	3,6	7,25	29,3		6
Nov-29-1999	4	151,3	2,3	7,11	29,3		35
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,1	143	6	13	21	11,7
Sept-2-1996	1	0,1	135	5	65	102	11,1
Sept-3-1996	1	0,1	139	9	14	66	17,1
Jul-5-1997	2		200		31	90	7,8
Jul-7-1997	2		219		39	118	11,3
Jul-9-1997	2		271		57	187	12,2
Nov-23-1998	3		147	93	50	91	0
Nov-25-1998	3		156	0,8	40	102	0
Nov-27-1998	3		190	79,9	46	83	0
Nov-25-1999	4		134	2	6	39	1,3
Nov-27-1999	4		136	2	8	62	0,5
Nov-29-1999	4		141	6	10	46	0,5

Año	Epoca	Hid.T (mg/L)	HAP(µg/L)	Fenoles(mg/L)	Arsénico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)
Agost-31-1996	1	7,8	50,74	0,01	0,002	0,03	0,005
Sept-2-1996	1	7,4	34,02	0,02	0,002	0,03	0,005
Sept-3-1996	1	14,1	33,52	0,06	0,002	0,03	0,005
Jul-5-1997	2	8,5	16,8	0,08			0,01
Jul-7-1997	2	2	25,1	0,03			0,01
Jul-9-1997	2	0,5	1,8	0,195			0,06
Nov-23-1998	3	0	15,61	0			0
Nov-25-1998	3	0	13,45	0			0
Nov-27-1998	3	0	16,09	0			0
Nov-25-1999	4	0,8	1	0,077			0,01
Nov-27-1999	4	0,5	1	0,032			0,01
Nov-29-1999	4	0,5	1	0,027			0,01
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo(mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio. (mg/L)	C.FCL (NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	11
Sept-2-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	4
Sept-3-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	3
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			
Jul-7-1997	2		0,0001	0,3			
Jul-9-1997	2		0,0001	0,28			
Nov-23-1998	3			0,014			93
Nov-25-1998	3			0,01			78
Nov-27-1998	3			0,014			89
Nov-25-1999	4			0,05			80
Nov-27-1999	4			0,05			140
Nov-29-1999	4			0,05			70

Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T(mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)
Agost-31-1996	1	4600					
Sept-2-1996	1	4600					
Sept-3-1996	1	2900					
Jul-5-1997	2	24000000	31	85	80	0,5	3,72
Jul-7-1997	2	350000	29	104,5	92	4	3,9
Jul-9-1997	2	595000	64	112,5	90	0,4	3,55
Nov-23-1998	3	460				4,2	0
Nov-25-1998	3	380				3,2	0
Nov-27-1998	3	460				2,45	0,111
Nov-25-1999	4	550					0,3
Nov-27-1999	4	1100					0,52
Nov-29-1999	4	1400					0,36
Año	Epoca	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM(mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibdeno (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0	2,41	0,93	0,05	0,03	0,01
Jul-7-1997	2	0,03	2,11	0,7	0,08	0,1	0,01
Jul-9-1997	2	0,02	1,92	0,92	0,09	0,14	0,01
Nov-23-1998	3	0	0,59		0,016		0
Nov-25-1998	3	0	0,63		0,02		0,11
Nov-27-1998	3	0	0,62		0,026		0,27
Nov-25-1999	4	0,023	0,6	0,1		0,29	
Nov-27-1999	4	0,006	0,9	0,11		0,1	
Nov-29-1999	4	0,015	0,7	0,1		0,07	
Año	Epoca	Nitrogeno.a mn(mg/L)					
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2						
Jul-7-1997	2						
Jul-9-1997	2						
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-25-1999	4	0,19					
Nov-27-1999	4	0,02					
Nov-29-1999	4	0,16					

Planta Puerto Salgar Aguas arriba (Quebrada el Guanabano)

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	452	5,3	8,49	28,83	225	60
Sept-2-1996	1	489	5,73	8,53	26,27	266	25
Sept-3-1996	1	462	5,47	8,43	27,17	274	34
Jul-5-1997	2	438	7,55	7,88	20		9
Jul-7-1997	2	441	7,2	7,95	24		38
Jul-9-1997	2	401,5	8,1	7,72	24		11
Nov-23-1998	3	80	5,4	7,02	29,6	60	10
Nov-25-1998	3	80	3,7	7,02	28	60	6
Nov-27-1998	3	110	3,9	7,16	29	76,66	4
Nov-25-1999	4	589	7,9	8,31	28,6		3
Nov-27-1999	4	588	7,3	8,36	28,6		29
Nov-29-1999	4	589	7,1	8,25	28,7		5
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	GyA(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,1	285	21	4	23	10,4
Sept-2-1996	1	0,1	291	14	10	19	13,8
Sept-3-1996	1	0,1	308	13	7	16	14,4
Jul-5-1997	2		355		1	6	3,05
Jul-7-1997	2		320		4,5	15	8,05
Jul-9-1997	2		276		2	10	3,85
Nov-23-1998	3		154	0,8	33	59	0
Nov-25-1998	3		134	1,1	21	67	0
Nov-27-1998	3		134	6	23	42	0
Nov-25-1999	4		356	29	1	10	0,6
Nov-27-1999	4		405	5	1	5	0,5
Nov-29-1999	4		383	35	1	2	0,6
Año	Epoca	Hidrocar.T (mg/L)	HAP(μg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)
Agost-31-1996	1	7,7	0,01	0,001	0,002	0,03	0,005
Sept-2-1996	1	10,3	2,83	0,001	0,002	0,03	0,005
Sept-3-1996	1	10,8	0,01	0,001	0,002	0,03	0,005
Jul-5-1997	2	4	0,1	0			0,01
Jul-7-1997	2	0	6,8	0			0,01
Jul-9-1997	2	0,6	6,5	0			0,01
Nov-23-1998	3	0	0	0			0
Nov-25-1998	3	0	0	0			0
Nov-27-1998	3	0	0	0			0
Nov-25-1999	4	0,6	1	0,018			0,01
Nov-27-1999	4	0,5	1	0,019			0,01
Nov-29-1999	4	0,5	1	0,011			0,01
Año	Epoca	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.F(NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	2400
Sept-2-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	2900
Sept-3-1996	1	0,1	0,001	0,03	0,01	0,3	930
Jul-5-1997	2		0,0001	0,05			1750000

Jul-7-1997	2		0,0001	0,64			3500
Jul-9-1997	2		0,0001	0,33			17500
Nov-23-1998	3			0			43
Nov-25-1998	3			0			32
Nov-27-1998	3			0			45
Nov-25-1999	4			0,05			230
Nov-27-1999	4			0,05			14
Nov-29-1999	4			0,05			140
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T (mg/L)	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)
Agost-31-1996	1	24000					
Sept-2-1996	1	11000					
Sept-3-1996	1	11000					
Jul-5-1997	2	1750000	1,5	248	180	2,7	2,82
Jul-7-1997	2	3500	5	164	130	2,2	1,5
Jul-9-1997	2	17500	1	247	194	2,7	1,38
Nov-23-1998	3	460					2,1
Nov-25-1998	3	460					2
Nov-27-1998	3	380					1,56
Nov-25-1999	4	500					0,02
Nov-27-1999	4	500					0,02
Nov-29-1999	4	210					0,08
Año	Epoca	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	SAAM (mg/L)	Cromo(mg/L)	Zinc(mg/L)	Molibdeno (mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0	2,21	0,15	0,05	0,01	0,01
Jul-7-1997	2	0,01	1,37	0,52	0,05	0,14	0,01
Jul-9-1997	2	0	0	0,04	0,05	0,09	0,01
Nov-23-1998	3	0	0	0,11		0,016	
Nov-25-1998	3	0	0	0,1		0,015	
Nov-27-1998	3	0,018	0	0,09		0,018	
Nov-25-1999	4	0,006	0,8	0,1		0,06	
Nov-27-1999	4	0,012	0,7	0,1		0,04	
Nov-29-1999	4	0,006	0,6	0,1		0,06	

Año	Epoca	Nitrogeno.a moniacal (mg/L)
Agost-31-1996	1	
Sept-2-1996	1	
Sept-3-1996	1	
Jul-5-1997	2	
Jul-7-1997	2	
Jul-9-1997	2	
Nov-23-1998	3	0,03
Nov-25-1998	3	0,02
Nov-27-1998	3	0,11
Nov-25-1999	4	0,02
Nov-27-1999	4	0,02
Nov-29-1999	4	0,02

Planta Puerto Salgar Aguas abajo (Quebrada el Guanabano)

Año	Epoca	Cdtv(μ/cm)	O.D(mg/L)	PH(UND)	Temp(°C)	S.dst(mg/L)	S.spd(mg/L)
Agost-31-1996	1	406	5,57	8,42	28,73	197	58
Sept-2-1996	1	443	6,1	8,4	26,67	235	35
Sept-3-1996	1	420	5,57	8,41	27,47	228	41
Jul-5-1997	2	275	5,9	7,99	23,5		17
Jul-7-1997	2	269,5	5,2	8,13	23,5		30
Jul-9-1997	2	218	5,1	7,62	25		50
Nov-23-1998	3	80	3,3	7	29,3	56,6	8
Nov-25-1998	3	73,3	2,7	7,05	29,3	53,3	4
Nov-27-1998	3	93,3	4,4	7,13	29	63,3	2
Nov-25-1999	4	571	7,7	8,27	27,7		5
Nov-27-1999	4	567	7,2	8,32	27,8		22
Nov-29-1999	4	577		8,17	28,1		6
Año	Epoca	Sulfatos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO (mg/L)	GyA (mg/L)	Hidr.T (mg/L)	HAP(μg/L)
Agost-31-1996	1	13	7	23	14,8	10,7	15,84
Sept-2-1996	1	10	11	24	13,8	10,2	2,76
Sept-3-1996	1	10	10	25	9,7	6,9	0
Jul-5-1997	2		11	57	4,55	2	0,1
Jul-7-1997	2		4	44	12,45	6,3	14,5
Jul-9-1997	2		16,5	102	10	0,8	0,9
Nov-23-1998	3	0,7	35	63	0	0	0
Nov-25-1998	3	0,9	33	71	0	0	0
Nov-27-1998	3	1,1	16	29	0	0	0
Nov-25-1999	4	31	2	17	0,6	0,5	1
Nov-27-1999	4	5	3	5	0,5	0,5	1
Nov-29-1999	4	35	6	11	0,5	0,5	1
Año	Epoca	Bario(mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,03	0,005	0,1	0,001	0,03	0,01
Sept-2-1996	1	0,03	0,005	0,1	0,001	0,03	0,01
Sept-3-1996	1	0,03	0,005	0,1	0,001	0,03	0,01
Jul-5-1997	2		0,01		0,0001	0,05	
Jul-7-1997	2		0,01		0,0001	0,05	
Jul-9-1997	2		0,01		0,0001	0,19	
Nov-23-1998	3		0			0	
Nov-25-1998	3		0			0	
Nov-27-1998	3		0			0	
Nov-25-1999	4		0,01			0,05	
Nov-27-1999	4		0,01			0,05	
Nov-29-1999	4		0,01			0,05	
Año	Epoca	C.T (NMP/ml)	TBED (UNT)	Alca.T (mg/L)	Dureza.T (mg/LC)	Cl(mg/L)	Hierro.T(mg/L)
Agost-31-1996	1	46000					
Sept-2-1996	1	24000					
Sept-3-1996	1	4600					
Jul-5-1997	2	350000	34,5	148	122	1,3	1,27

Jul-7-1997	2	10000	25	209,5	178	3,1	1,25
Jul-9-1997	2	285000	32,5	124,5	100	1,8	2,08
Nov-23-1998	3	320					2,1
Nov-25-1998	3	240					1,5
Nov-27-1998	3	320					1
Nov-25-1999	4	220					0,13
Nov-27-1999	4	900					0,02
Nov-29-1999	4	3000					0,05
Año	Epoca	SAAM (mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc (mg/L)	Molibdenm (g/L)	Nitrogeno.a (mg/L)	Sulfatos(mg/L)
Agost-31-1996	1						13
Sept-2-1996	1						10
Sept-3-1996	1						10
Jul-5-1997	2	0,5	0,05	0,01	0,01		
Jul-7-1997	2	0,5	0,05	0,01	0,01		
Jul-9-1997	2	0,56	0,11	0,01	0,01		
Nov-23-1998	3	0,28		0,017		0	0,7
Nov-25-1998	3	0,3		0,04		0	0,9
Nov-27-1998	3	0,23		0,067		0	1,1
Nov-25-1999	4	0,1		0,13		0,22	31
Nov-27-1999	4	0,1		0,07		0,02	5
Nov-29-1999	4	0,1		0,34		0,02	35
Año	Epoca	GyA(mg/L)	Hidr.T (mg/L)	HAP (µg/L)	Fenoles (mg/L)	Ars(mg/L)	Bario(mg/L)
Agost-31-1996	1	14,8	10,7	15,84	0,001	0,002	0,03
Sept-2-1996	1	13,8	10,2	2,76	0,001	0,002	0,03
Sept-3-1996	1	9,7	6,9	0	0,001	0,002	0,03
Jul-5-1997	2	4,55	2	0,1	0,03		
Jul-7-1997	2	12,45	6,3	14,5	0,08		
Jul-9-1997	2	10	0,8	0,9	0,1		
Nov-23-1998	3	0	0	0	0		
Nov-25-1998	3	0	0	0	0		
Nov-27-1998	3	0	0	0	0		
Nov-25-1999	4	0,6	0,5	1	0,045		
Nov-27-1999	4	0,5	0,5	1	0,019		
Nov-29-1999	4	0,5	0,5	1	0,01		
Año	Epoca	Mercurio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Selenio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.FCL (NMP/ml)	C.T(NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,001	0,03	0,01	0,3	15000	46000
Sept-2-1996	1	0,001	0,03	0,01	0,3	11000	24000
Sept-3-1996	1	0,001	0,03	0,01	0,3	1500	4600
Jul-5-1997	2	0,0001	0,05			460000	350000
Jul-7-1997	2	0,0001	0,05			6500	10000
Jul-9-1997	2	0,0001	0,19			285000	285000
Nov-23-1998	3		0			43	320
Nov-25-1998	3		0			23	240
Nov-27-1998	3		0			38	320
Nov-25-1999	4		0,05			140	220

Nov-27-1999	4		0,05			110	900
Nov-29-1999	4		0,05			220	3000
Año	Epoca	Dureza.T (mg/L)	Cl(mg/L)	Hierro.T (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitrat (mg/L)	SAAM(mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	122	1,3	1,27	0	1,19	0,5
Jul-7-1997	2	178	3,1	1,25	0	1,02	0,5
Jul-9-1997	2	100	1,8	2,08	0,05	1,82	0,56
Nov-23-1998	3			2,1	0	0	0,28
Nov-25-1998	3			1,5	0	0	0,3
Nov-27-1998	3			1	0,007	0	0,23
Nov-25-1999	4			0,13	0,008	0,5	0,1
Nov-27-1999	4			0,02	0,018	0,5	0,1
Nov-29-1999	4			0,05	0,007	0,6	0,1
Año	Epoca	Molibd (mg/L)	Nitrogeno (mg/L)	Cr(mg/L)	Zinc (mg/L)	TBED (UNT)	Alca.T(mg/L)
Agost-31-1996	1						
Sept-2-1996	1						
Sept-3-1996	1						
Jul-5-1997	2	0,01		0,05	0,01	34,5	148
Jul-7-1997	2	0,01		0,05	0,01	25	209,5
Jul-9-1997	2	0,01		0,11	0,01	32,5	124,5
Nov-23-1998	3		0		0,017		
Nov-25-1998	3		0		0,04		
Nov-27-1998	3		0		0,067		
Nov-25-1999	4		0,22		0,13		
Nov-27-1999	4		0,02		0,07		
Nov-29-1999	4		0,02		0,34		
Año	Epoca	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)
Agost-31-1996	1	0,005	0,1			7	23
Sept-2-1996	1	0,005	0,1			11	24
Sept-3-1996	1	0,005	0,1			10	25
Jul-5-1997	2	0,01		0	1,19	11	57
Jul-7-1997	2	0,01		0	1,02	4	44
Jul-9-1997	2	0,01		0,05	1,82	16,5	102
Nov-23-1998	3	0		0	0	35	63
Nov-25-1998	3	0		0	0	33	71
Nov-27-1998	3	0		0,007	0	16	29
Nov-25-1999	4	0,01		0,008	0,5	2	17
Nov-27-1999	4	0,01		0,018	0,5	3	5
Nov-29-1999	4	0,01		0,007	0,6	6	11
Año	Epoca	S.sdm (mg/L)	S.tls(mg/L)	Fenoles (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Vanadio (mg/L)	C.FCL(NMP/ml)
Agost-31-1996	1	0,2	255	0,001	0,002	0,3	15000
Sept-2-1996	1	0,4	270	0,001	0,002	0,3	11000

Sept-3-1996	1	0,2	269	0,001	0,002	0,3	1500
Jul-5-1997	2		270	0,03			460000
Jul-7-1997	2		366	0,08			6500
Jul-9-1997	2		258	0,1			285000
Nov-23-1998	3		154	0			43
Nov-25-1998	3		128	0			23
Nov-27-1998	3		148	0			38
Nov-25-1999	4		351	0,045			140
Nov-27-1999	4		394	0,019			110
Nov-29-1999	4		347	0,01			220

Planta Mansilla entrada al separador API

Año	Epoca	Temp. (°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Nov-5-1996	1	19,7	7,4	76,7	56,7	12,3	36,7
Nov-7-1996	1	16,1	7,2	70	46,7	12,7	37,5
Nov-9-1996	1	17,3	7,2	80	60	14,7	25
Nov-23-1998	3	22,6	7,5	83,3	50		
Nov-25-1998	3	21	6,5	96,6	66,6		
Nov-27-1998	3	19	6,5	473,3	316,6		
Nov-24-1999	4	18	6,6				
Nov-26-1999	4	18,9	6,5	153			
Nov-28-1999	4	18,6	6,7	121,9			
Año	Epoca	O.D (mg/L)	S.spd (mg/L)	S.tls(mg/L)	GyA(mg/L)	HAP(μg/L)	Hidr.T(mg/L)
Nov-5-1996	1	6,3	65	244	20		4,4
Nov-7-1996	1	7,8	65	250	40		8,5
Nov-9-1996	1	6,3	55,4	131	83		12,2
Nov-23-1998	3	3,3	40	162	96,1	0	92,26
Nov-25-1998	3	2,4	52	192	21,9	0	19,09
Nov-27-1998	3	1,2	780	1378	69,27	0	47,23
Nov-24-1999	4	4,8					
Nov-26-1999	4	3	850	6707	590429		506300,6
Nov-28-1999	4	3,2	480	3792	482143,5		441023,2
Año	Epoca	Fenoles (mg/L)	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)	Cl(mg/L)	Cadm(mg/L)	Zinc(mg/L)
Nov-5-1996	1	0	275,6	219,6	7,8	0	
Nov-7-1996	1	0	273,3	231	8	0	
Nov-9-1996	1	0	138,6	114,6	8,2	0	
Nov-23-1998	3	2,13	0	114			
Nov-25-1998	3	1,87	0	152			
Nov-27-1998	3	0	0	84			
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4	38,11		1920			
Nov-28-1999	4	18,1		1695			
Año	Epoca	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos(mg/L)	Dureza.T(mg/L)	SAAM(mg/L)
Nov-5-1996	1	0	0	0	7,4	57,6	0,6
Nov-7-1996	1	0	0	0	5,2	54	0,6
Nov-9-1996	1	0	0	0	3,5	72	0,6
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4						
Nov-28-1999	4						
Año	Epoca	C.FCL (NMP/m)	CT (NMP/ml)				
Nov-5-1996	1	3	3				
Nov-7-1996	1	3	3				

Nov-9-1996	1	3	3				
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4						
Nov-28-1999	4						

Planta Mansilla salida al separador API

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(µ/cm)	S.dst(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Nov-5-1996	1	19,4	7,2	156,7	116,7	69,3	46,7
Nov-7-1996	1	15,7	7,1	176,7	120	69,9	45,8
Nov-9-1996	1	16,8	6,9	100	70	74,3	12,5
Nov-23-1998	3	22,6	7,45	80	50		
Nov-25-1998	3	21	6,5	113,3	76,6		
Nov-27-1998	3	18,6	6,4	693,3	460		
Nov-24-1999	4	17	6,5	140			
Nov-26-1999	4	19,2	6,4	236			
Nov-28-1999	4	17	6,6	203,1			
Año	Epoca	O.D(mg/L)	Hierro.T (mg/L)	Nitro.amn (mg/L)	Sulfatos(mg/L)	S.spd(mg/L)	S.tls(mg/L)
Nov-5-1996	1	1,1				12	197
Nov-7-1996	1	1,4				25	110
Nov-9-1996	1	4,9				30	123
Nov-23-1998	3	3,9				17	110
Nov-25-1998	3	3,5				21	112
Nov-27-1998	3	0,6				90	990
Nov-24-1999	4	3,5					
Nov-26-1999	4	2,9				280	582
Nov-28-1999	4	3,8				62	290
Año	Epoca	GyA(mg/L)	HAP(µg/L)	Hidr.T (mg/L)	Fenoles(mg/L)	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)
Nov-5-1996	1	2,4		0,03	0	27,6	16,3
Nov-7-1996	1	3,5		1,5	0	51,3	45,6
Nov-9-1996	1	3,3		2	0	96	82
Nov-23-1998	3	22,92		21,01	0,38		71
Nov-25-1998	3	21,9		19,09	0,23		122
Nov-27-1998	3	41,32		25,65	0,17		64
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4	4,6		2,7	15,92		1953
Nov-28-1999	4	50,3		39,9	13,24		570
Año	Epoca	Cl(mg/L)	Zinc(mg/L)	Cadm (mg/L)	Plm(mg/L)	Mercurio(mg/L)	Nitrit(mg/L)
Nov-5-1996	1	7,6		0	0	0	0
Nov-7-1996	1	7,4		0	0	0	0
Nov-9-1996	1	6,8		0	0	0	0
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4						
Nov-28-1999	4						
Año	Epoca	Nitrat(mg/L)	Dureza.T (mg/L)	SAAM (mg/L)	C.FCL(NMP/ml)	CT(NMP/ml)	
Nov-5-1996	1	1,1	48	0,3	7	43	
Nov-7-1996	1	1,1	46	0,3	4	23	

Nov-9-1996	1	2,8	43,2	0,4	7	40	
Nov-23-1998	3						
Nov-25-1998	3						
Nov-27-1998	3						
Nov-24-1999	4						
Nov-26-1999	4						
Nov-28-1999	4						

Planta Mansilla Aguas arriba (Quebrada Mansillita)

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	TBED (UNT)	Alca.T(mg/L)
Nov-5-1996	1	15,4	7,4	30	20	10,3	12,5
Nov-7-1996	1	12,6	7,4	30	20	11,8	25
Nov-9-1996	1	12,6	7,1	40	20	11,3	10,8
Nov-23-1998	3	19,3	7,78	36,6	20		
Nov-25-1998	3	20,6	6,6	36,6	26,6		
Nov--27-1998	3	18,6	6,45	36,6	20		
Nov-24-1999	4	14,5	6,05	40			
Nov-26-1999	4	14,5	6,2	41			
Nov-28-1999	4	13,1	6,15	37,1			
Año	Epoca	O.D(mg/L)	S.pd(mg/L)	S.tls(mg/L)	GyA(mg/L)	Hidr.T (mg/L)	Fenoles(mg/L)
Nov-5-1996	1	6,7	15	43	0		0
Nov-7-1996	1	6,7	13	40	0		0
Nov-9-1996	1	8,4	13,5	47	0		0
Nov-23-1998	3	7,8	4	16	0	0	0
Nov-25-1998	3	7,1	4	20	0	0	0
Nov--27-1998	3	7,1	3	56	0	0	0
Nov-24-1999	4	6,5	9	81	0,8	0,5	0,014
Nov-26-1999	4	5,3	28	68	0,5	0,5	0,011
Nov-28-1999	4	6,5	4	44	0,5	0,5	0,008
Año	Epoca	DQO (mg/L)	DBO(mg/L)	Cl(mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio(mg/L)
Nov-5-1996	1	41	32	8,6	0	0	0
Nov-7-1996	1	42	29	8,6	0	0	0
Nov-9-1996	1	33	24	9,6	0	0	0
Nov-23-1998	3	35	20		0	0	
Nov-25-1998	3	29	16		0	0	
Nov--27-1998	3	18	11		0	0	
Nov-24-1999	4	3	1		0,01	0,05	
Nov-26-1999	4	12	3		0,01	0,05	
Nov-28-1999	4	9	1		0,01	0,05	
Año	Epoca	Nitritos (mg/L)	Nitratos(mg/L)	Dureza.T(mg/L)	SAAM(mg/L)	C.FCL (NMP/m)	C.T(NMP/ml)
Nov-5-1996	1	0	0,17	24	0	3	4
Nov-7-1996	1	0	0,1	24	0	3	4
Nov-9-1996	1	0	1,6	24	0	3	3
Nov-23-1998	3	0	0		0	21	240
Nov-25-1998	3	0	0		0	9	15
Nov--27-1998	3	0	0		0,01	14	160
Nov-24-1999	4	0,006	0,8		0,1	2	50
Nov-26-1999	4	0,006	0,9		0,1	2	50
Nov-28-1999	4	0,007	1		0,1	2	22
Año	Epoca	Sulfatos (mg/L)	Hierro.T(mg/L)	N.amn(mg/L)	HAP(μg/L)	Zinc (mg/L)	
Nov-5-1996	1						
Nov-7-1996	1						

Nov-9-1996	1					
Nov-23-1998	3	11,3	0,5	0	0	0,008
Nov-25-1998	3	9,2	0,49	0	0	0,009
Nov--27-1998	3	7,5	0,57	0	0	0,054
Nov-24-1999	4	2	0,4	0,02	1	0,07
Nov-26-1999	4	2	0,47	0,02	1	0,03
Nov-28-1999	4	2	0,47	0,1	1	0,03

Planta Mansilla Aguas abajo (Quebrada Mansillita)

Año	Epoca	Temp(°C)	PH(UND)	Cdtv(μ/cm)	S.dst(mg/L)	TBED(UNT)	Alca.T(mg/L)
Nov-5-1996	1	15,3	7,1	30	20	12,5	12,5
Nov-7-1996	1	12,4	7,4	30	20	10,8	12,5
Nov-9-1996	1	14,4	7,1	60	40	13,8	12,5
Nov-23-1998	3	19,3	7,3	73,3	50		
Nov-25-1998	3	21	6,5	60	40		
Nov--27-1998	3	18,3	6,37	50	33,3		
Nov-24-1999	4	16,1	6,66	41			
Nov-26-1999	4	17	6,67	48			
Nov-28-1999	4	15,6	6,69	48			
Año	Epoca	O.D(mg/L)	S.spd (mg/L)	S.tls(mg/L)	GyA(mg/L)	Hidr.T(mg/L)	Fenoles (mg/L)
Nov-5-1996	1	8,9	21	95	0		0
Nov-7-1996	1	9,2	21	95	0		0
Nov-9-1996	1	9,1	18	91	0		0
Nov-23-1998	3	3,8	50	148	0,41	0	0
Nov-25-1998	3	5,7	21	51	0	0	0
Nov--27-1998	3	5,4	3	100	0	0	0
Nov-24-1999	4	2,8	8	44	1,01	0,5	0,091
Nov-26-1999	4	4,5	6	65	0,5	0,5	0,023
Nov-28-1999	4	4,6	12	31	1,1	0,5	0,048
Año	Epoca	DQO(mg/L)	DBO(mg/L)	Cl(mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plm(mg/L)	Mercurio (mg/L)
Nov-5-1996	1	47	34	9,9	0	0	0
Nov-7-1996	1	40	31	9,6	0	0	0
Nov-9-1996	1	42	31	13,3	0	0	0
Nov-23-1998	3	59	29		0	0	
Nov-25-1998	3	93	54		0	0	
Nov--27-1998	3	77	43		0	0,009	
Nov-24-1999	4	17	4		0,01	0,05	
Nov-26-1999	4	26	8		0,01	0,05	
Nov-28-1999	4	27	6		0,01	0,05	
Año	Epoca	Nitritos(mg/L)	Nitratos (mg/L)	Dureza.T (mg/L)	SAAM (mg/L)	C.FCL (NMP/ml)	C.T(NMP/ml)
Nov-5-1996	1	0	0	29,2	0	3	3
Nov-7-1996	1	0	0	28,3	0	4	4
Nov-9-1996	1	0	2	33,2	0	4	4
Nov-23-1998	3	0	1,71		0,09	9	43
Nov-25-1998	3	0	0,98		0,1	43	93
Nov--27-1998	3	0	1,43		0,2	9	43
Nov-24-1999	4	0,006	0,5		0,1	2	4
Nov-26-1999	4	0,006	0,8		0,1	2	40
Nov-28-1999	4	0,006	0,7		0,1	2	7
Año	Epoca	Sulfatos(mg/L)	Hierro.T (mg/L)	Nitrogeno.am (mg/L)	HAP(μg/L)	Zinc(mg/L)	
Nov-5-1996	1						
Nov-7-1996	1						
Nov-9-1996	1						

Nov-23-1998	3	9,1	1,2	0	0	0,02
Nov-25-1998	3	9,6	1,35	0	0	0,02
Nov--27-1998	3	8,2	1,95	0	0	0,039
Nov-24-1999	4	1,7	0,19	0,02	1	0,08
Nov-26-1999	4	2	0,3	0,02	1	0,04
Nov-28-1999	4	3	0,37	0,02	1	0,78

ANEXO D. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS Y CUERPOS DE AGUA RECEPTORES³

1. Objeto

El programa de monitoreo tiene como objeto detectar oportunamente los efectos adversos sobre el ambiente, de tal manera que se puedan tomar a tiempo las medidas correctivas necesarias, para contrarrestar los impactos producidos o en proceso de productos.

2. Alcance

Se debe contemplar el seguimiento de ciertos aspectos del medio natural involucrado, para asegurar el cumplimiento y efectividad de la legislación. Para la implementación del programa de monitoreo debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificación de los recursos a ser impactados.
- Determinación de la distribución espacial y temporal de los recursos a ser afectados.
- Elaboración de las recomendaciones de monitoreo para evaluar los impactos sobre determinados recursos en localizaciones y periodos preestablecidos.
- Realización de mediciones periódicas, comparación con el estado inicial y con el impacto esperado, verificación del estado de implementación de las acciones de mitigación y recomendaciones específica

³ Fuente: Guía No. 5 del Sistema de Administración Ambiental de la VIT

3. Monitoreo de calidad físico- química del agua

Este programa comprende las siguientes acciones:

- Evaluación físico- química del agua del cuerpo receptor en los puntos de referencia escogidos.
- Evaluación del funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y de aguas aceitosas. El monitoreo deberá realizarse dos veces por año, deberá tener una duración no inferior al tiempo de detención de la estructura, en las condiciones del caudal establecidas durante el monitoreo.

4. Planificación del monitoreo

Inicialmente, todo el equipo de trabajo desplazado al campo, fija una base de operaciones en el municipio donde se esté trabajando, un día antes de iniciarse el monitoreo, para coordinar toda la logística del proyecto. Esto permite conocer y fijar los sitios exactos para la toma de muestras, con apoyo en la visita de obra inicial y del primer monitoreo, se debe hacer la preparación de vidriería, identificación de recipientes, distribución de reactivos químicos y preservativos entre los analistas y los recipientes, calibración y recalibración de equipos de campo coordinado por el Director del proyecto.

5. Procedimiento de muestreo

Los procedimientos de muestreo aplicados, obedecen a técnicas recomendadas por la AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS- U.S. EPA- en su *Handbook for Analytical Quality Control in water and wastewater laboratories*- junio 1972,

y por la Asociación Americana de los Trabajadores del Agua- AWWA- en su *Standard Methods*/ 18 edición.

En el sistema de tratamiento de aguas residuales de las plantas, las muestras deberán tomarse siempre a la altura media del flujo, utilizando muestreadores manuales mecánicos de tipo vertical u horizontal, de acuerdo a las condiciones encontradas, y empleando muestreadores diferentes para cada punto de muestreo.

En caso de no poder utilizar muestreadores las muestras se tomarán directamente en el recipiente.

Para garantizar condiciones homogéneas del muestreo, en cuerpos de agua con un ancho de sección superior a cinco metros, las submuestras deberán tomarse en diferentes puntos en plano horizontal, que incluyan las orillas y puntos medios de cuerpo de agua, y a diferentes profundidades(10 cm para los análisis de compuestos orgánicos y 40 cm a la mitad de la profundidad para los parámetros restantes).

6. Recipientes

Los procedimientos para la preparación de envases de envases (vidrio o plástico) preservación, rotulación conservación, embalaje y envío deberán efectuarse en seguimiento estricto con las normas establecidas en el *Standard Methods Ed. 18* (1992), y solo se aceptarán recipientes nuevos de acuerdo con lo relacionado en la tabla No 2.

TABLA No. 2 PRESERVACION DE MUESTRAS

PARAMETRO	VOLUMEN ml	RECIPIENTE	PRESERVATIVO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
CONDUCTIVIDAD	100	PLASTICO,VIDRIO	4 °C	28 días
PH	25	PLASTICO,VIDRIO	No requiere	Inmediatamente
TEMPERATURA	1000	PLASTICO,VIDRIO	No requiere	Inmediatamente
METALES	200	PLASTICO,VIDRIO	Filtrar in-situ HNO ₃ ,PH<2	6 meses
CROMO +6	200	PLASTICO,VIDRIO	4 °C	24 horas
NITRITO	50	PLASTICO,VIDRIO	4° C	48 horas
NITRATO	100	PLASTICO,VIDRIO	4° C	48 horas
OXIGENO DISUELTO	300	VIDRIO	No requiere	Inmediatamente
SULFATO	100	PLASTICO,VIDRIO	4° C	28 días
DBO	1000	VIDRIO,TEFLON	4° C	48 horas
HAP	1000	PLASTICO,VIDRIO	4° C,guardar en oscuridad	7 días antes de extracción y 40 días después de extracción.
DQO	50	VIDRIO	4° C	28 días
ACEITES Y GRASAS	1000	VIDRIO	4° C H ₂ SO ₄ PH<2	28 días
COMPUESTOS FENOLICOS	500	VIDRIO	4° C H ₂ SO ₄ PH<2	28 días
FENOLES	1000	VIDRIO,TEFLON	4° C 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	7 días antes de extracción y 40 días después de extracción
BACTERIOLOGICOS TOTAL FECAL	100	PLASTICO,VIDRIO ESTERIL	4° C 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	6 horas

7. Enjuague de los recipientes

Se deberá utilizar recipientes nuevos sometidos a un proceso de lavado según se describe a continuación:

- Lavar tres veces con agua de la llave.
- Una vez con una solución de HNO₃.
- Lavar tres veces con agua de la llave.
- Lavar tres veces con agua destilada.

Para recipientes destinados a la toma de muestras de grasas y aceites e hidrocarburos, se utilizará la mezcla sulfocrómica en reemplazo del HNO₃.

Uno de cada diez recipientes lavados se llenará con agua destilada para realizar la medición del PH con el fin de confirmar la ausencia de trazas de solución ácida luego del proceso de lavado.

La Interventoría que contrata ECOPETROL, es la que realiza control sobre los envases a emplear en el muestreo para confirmar las exigencias de lavado.

8. Equipos y reactivos de campo

Los equipos de campo deberán encontrarse en óptimas condiciones y nunca ser de calidad inferior, se debe comprobar su calibración antes de cada muestreo.

9. Aforo de caudal

Teniendo en cuenta que el tipo y composición de los muestreos a tomar se hará proporcionalmente al caudal medio, tanto en los afluentes de las Plantas como en los ríos y quebradas, el consultor deberá analizar las condiciones de flujo intermitente para el caso de los afluentes , flujo continuo y cuerpos receptores. En los ríos se deberá establecer subsecciones transversales de aforo iguales o menores a cinco metros de ancho y se determinará las velocidades de flujo como mínimo a nivel superficial, medio y profundo sobre la vertical.

De acuerdo con las variaciones de flujo para el caso de los cuerpos receptores(ríos y quebradas), el caudal deberá ser aforado mínimo dos veces durante el periodo de muestreo. Para el caso de afluentes, el caudal deberá ser medido cada vez que se tome una muestra.

10. Frecuencia de muestreo y calidad de muestra

Se realizan en un ciclo de muestreo, con tres frentes de trabajo simultáneos, cada planta será monitoreada durante tres días.

Cada día de monitoreo se tomará una muestra instantánea para aquellos parámetros que no se pueden componer y/o requieren ser preservados inmediatamente, la toma de las muestras puntuales será distribuida de la siguiente manera: el primer día se tomarán a la primera hora, el segundo día a la segunda hora, y el tercer día a la tercera hora(DBO5, DQO, Grasas y aceites e hidrocarburos totales).

11. Rotulado de los envases

La rotulación de los envases se hará antes de cada muestreo; cada rotulo deberá tener mínimo, la siguiente información: lugar de muestreo, hora, parámetro a evaluar, preservación, nombre del profesional que toma la muestra.

12. Toma de duplicados

En el transcurso del ciclo de monitoreo y repartido en los tres días del ciclo, se tomara un duplicado aleatorio de cada uno de los parámetros solicitados, en todos los puntos de muestreo, independientemente de los duplicados de análisis. El duplicado aleatorio deberá ser analizado por el laboratorio que realice la caracterización.

13. Análisis fisicoquímicos

Se muestran los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales, a evaluar para cada planta de almacenamiento y bombeo.

13. Análisis de campo

Se deberán medir en campo para cada submuestra y por duplicado, los siguientes parámetros que presentan restricciones de tiempo o almacenamiento:

- PH
- Conductividad
- Temperatura ambiente
- Temperatura de la muestra
- Oxígeno disuelto

Se debe llenar un libro de registro en campo en el que se consignarán todos los detalles relevantes durante el proceso de toma de muestras.

14. Blancos de muestreo y de laboratorio

Para control de calidad se realizara análisis de blancos analíticos, así:

- Blanco de recipientes.
- Blanco del muestreador: Diariamente, antes de indicar cada muestreo.
- Blanco de campo: diariamente, idéntico manejo y preservación que las muestras.
- Blanco de laboratorio: se analizarán blancos de reactivos, así como los análisis.

15. Preservación y envío de las muestras

La preservación de muestras deberá realizarse con reactivos grado analítico.

Es muy importante mantener durante el monitoreo una rutina en el procedimiento de preservación de muestras: toma de muestras, preservación inmediata (adición del preservante) y refrigeración.

Las muestras que no necesitan preservantes, deberán refrigerarse inmediatamente en caso de que su temperatura lo permita, o dejarlas enfriar y refrigerarlas

, para ser enviadas al laboratorio el día del muestreo, donde se dará inicio inmediato a los análisis.

16. Análisis de laboratorio

Todos los análisis deberán realizarse en el laboratorio. La Interventoría verificará la propiedad, existencia, calidad y funcionamiento de los equipos.

17. Presentación de informes

El consultor deberá presentar para cada planta independiente, los siguientes informes:

18. Informe sobre la toma de muestras

Informe al finalizar la toma de muestras. Dicho informe deberá contener los resultados de los análisis in-situ (muestra, duplicado, media aritmética), observaciones anotadas en el libro de campo en relación con la muestra tomada.

19. Informe preliminar

Dentro de los veinte días siguientes a la terminación de toma de muestras en campo, se entrega a ECOPETROL un informe preliminar que tendrá el siguiente contenido:

- Base de datos con los resultados de los análisis en campo y en laboratorio, incluyendo el análisis de duplicado y/o triplicados.
- Cromatogramas originales de los compuestos analizados incluyendo duplicados y/o triplicados
- Correlaciones entre caudal y concentraciones de los compuestos analizados en cada uno de los puntos de muestreo presentándolos en diagramas de barras o líneas y clasificando los compuestos según su tipo.
- Gráficos correlacionando las concentraciones de los compuestos analizados en cada uno de los puntos de muestreo presentándolos en diagramas de barras o líneas y clasificando los compuestos según su tipo, de tal forma que permitan visualizar las concentraciones y/o remociones a través del sistema de tratamiento y su impacto frente al cuerpo receptor.
- Análisis de los resultados obtenidos.
- Comparación de los resultados con monitoreos de años anteriores.
- Conclusiones , relacionando los efectos operacionales sobre los resultados obtenidos en campo y en laboratorio.

Estos informes son revisados por el Área de Responsabilidad Integral de la Gerencia que corresponda la evaluación de la planta y las observaciones y correcciones serán discutidas en reunión con el consultor.

20. Informe final

Dentro de los cinco días calendario siguientes a la entrega de las observaciones y comentarios de ECOPETROL, el consultor deberá presentar el informe final con las correcciones y/o modificaciones indicadas. Además este informe deberá contener:

- Anexo fotográfico detallado del muestreo.
- Planos digitalizados a escala 1:2000 donde se indiquen los puntos de toma de muestra.
- Cálculo de la eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Cálculo de las cargas promedio en los vertimientos de aguas residuales.
- Evaluación de los sistemas de tratamiento de acuerdo con la actividad que se esté realizando en el momento de la toma de muestra.
- Comparación de los resultados con monitoreos de años anteriores. ECOPETROL suministrará copia de los resultados en los primeros siete días después de iniciada la orden de trabajo.
- Comentar los resultados y establecer recomendaciones según la apreciación del consultor.

- Para el caso específico de una planta deberá evaluarse los parámetros fisicoquímicos más relevantes y en caso de ser necesario establecer alternativas de optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales existentes.

21. Control de calidad

En el informe final se deberá incluir la siguiente información, referente al control de calidad del laboratorio.

- Control teórico de los resultados reportados para los parámetros básicos (ejemplo: sólidos disueltos, cloruros) de acuerdo con los procedimientos indicados en el *“WATER AND WASTEWATER FOR EXAMINATION- STANDARD METHODS”* 18 Ed., 1992.
- Resultados de duplicado y/o triplicados de los análisis realizados.
- Resultados de los blancos de control.
- Límites de detección de cada equipo para técnicas de análisis.
- Límite de error interno del laboratorio.
- Porcentaje de recuperación de muestras sintéticas de control y muestras enriquecida, preparadas por el laboratorio en tres niveles de concentración: alta, media y baja.
- Frecuencia de preparación de curvas de calibración para técnicas utilizadas.
- “control charts” de calidad del laboratorio:
 - control charts de rango (/R).
 - Control charts de valores promedio(/x).